

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

Cicloni tropicali e extratropicali.


Giaiotti Dario & Stel Fulvio

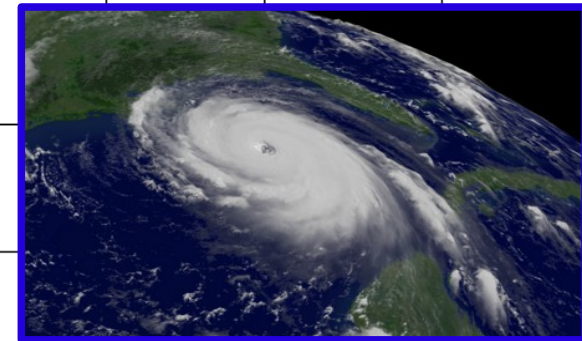
Sommario della lezione

- I cicloni atmosferici come sorgente di rischio
- Caratteristiche fisiche dei cicloni tropicali
- Cicloni tropicali e cambiamenti climatici
- Caratteristiche fisiche dei cicloni extra tropicali
- Cicloni extra tropicali e cambiamenti climatici



Cicloni tropicali ed extra-tropicali: quali scale spazio-temporali

scale		minuti	ore	giorni	settimane	mesi	anni	km
Macro	α					onde planetarie	riscaldamento globale, El Nino/La Nina	>10000
	β					cicloni extra-tropicali, onde barocline		2000
Meso	α			frontogenesi	cicloni tropicali, fronti			200
	β		Linee di groppo, supercelle, temporali					20
	γ		downburst, grandinate					2
Micro	α		convezione profonda, tornadoes,					0,2
	β	dust devils, strato limite						0,02
	γ	turbolenza						< 0,02



Buona parte dei disastri naturali sono causati da fenomeni atmosferici (direttamente o indirettamente)

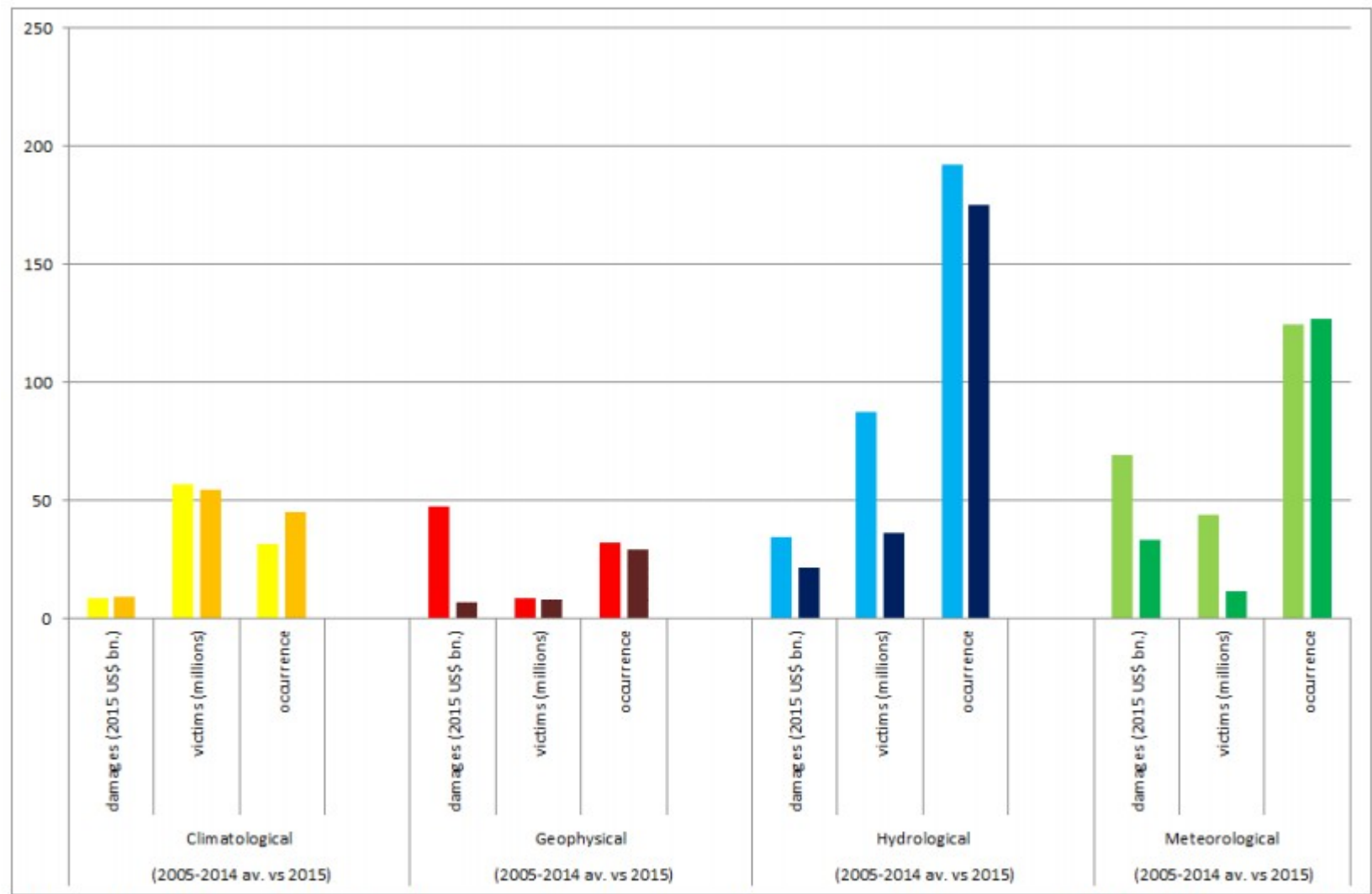
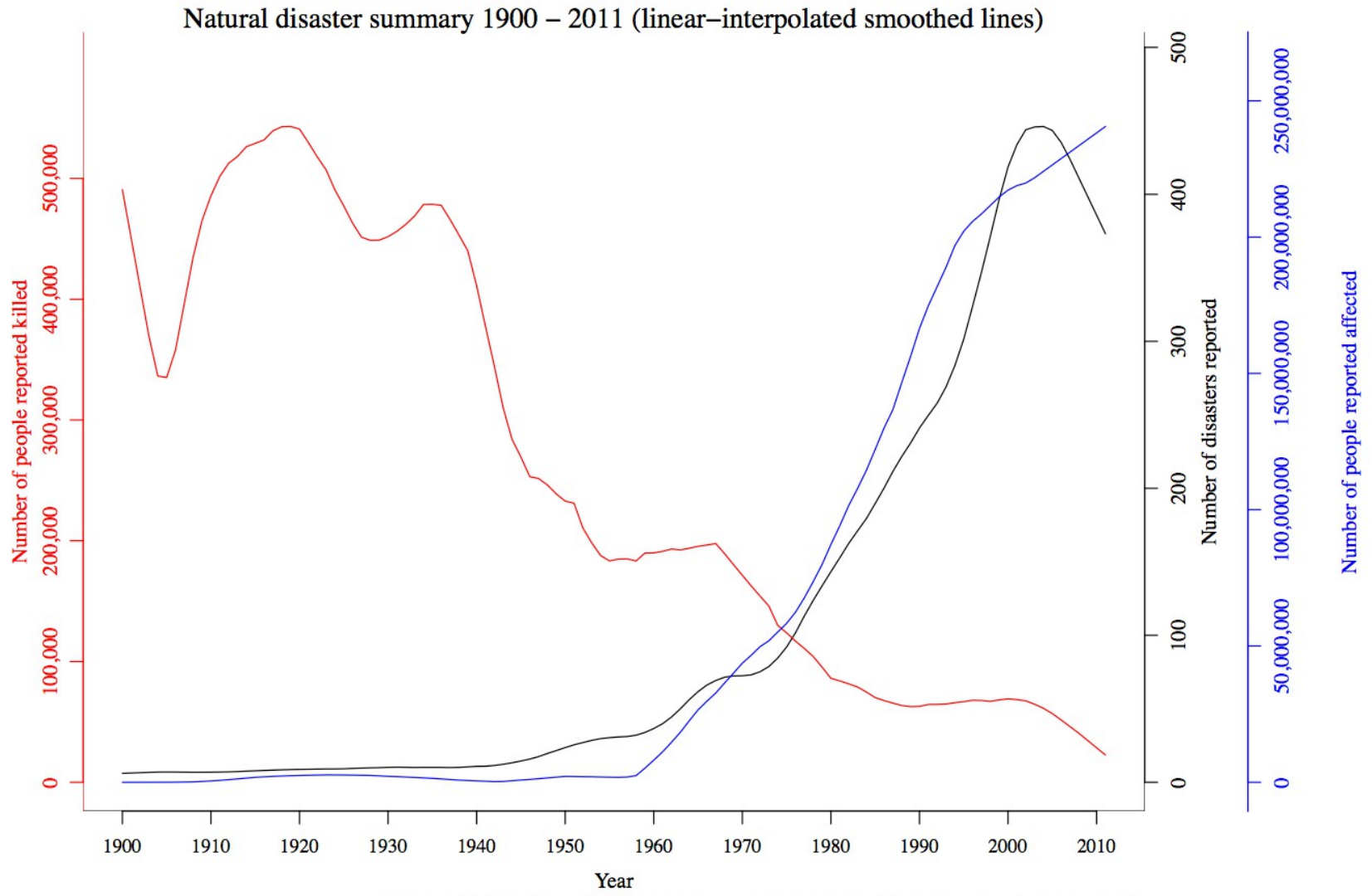


Figure 7 – Natural disaster impacts by disaster sub-group: 2015 versus 2004-2015 annual average

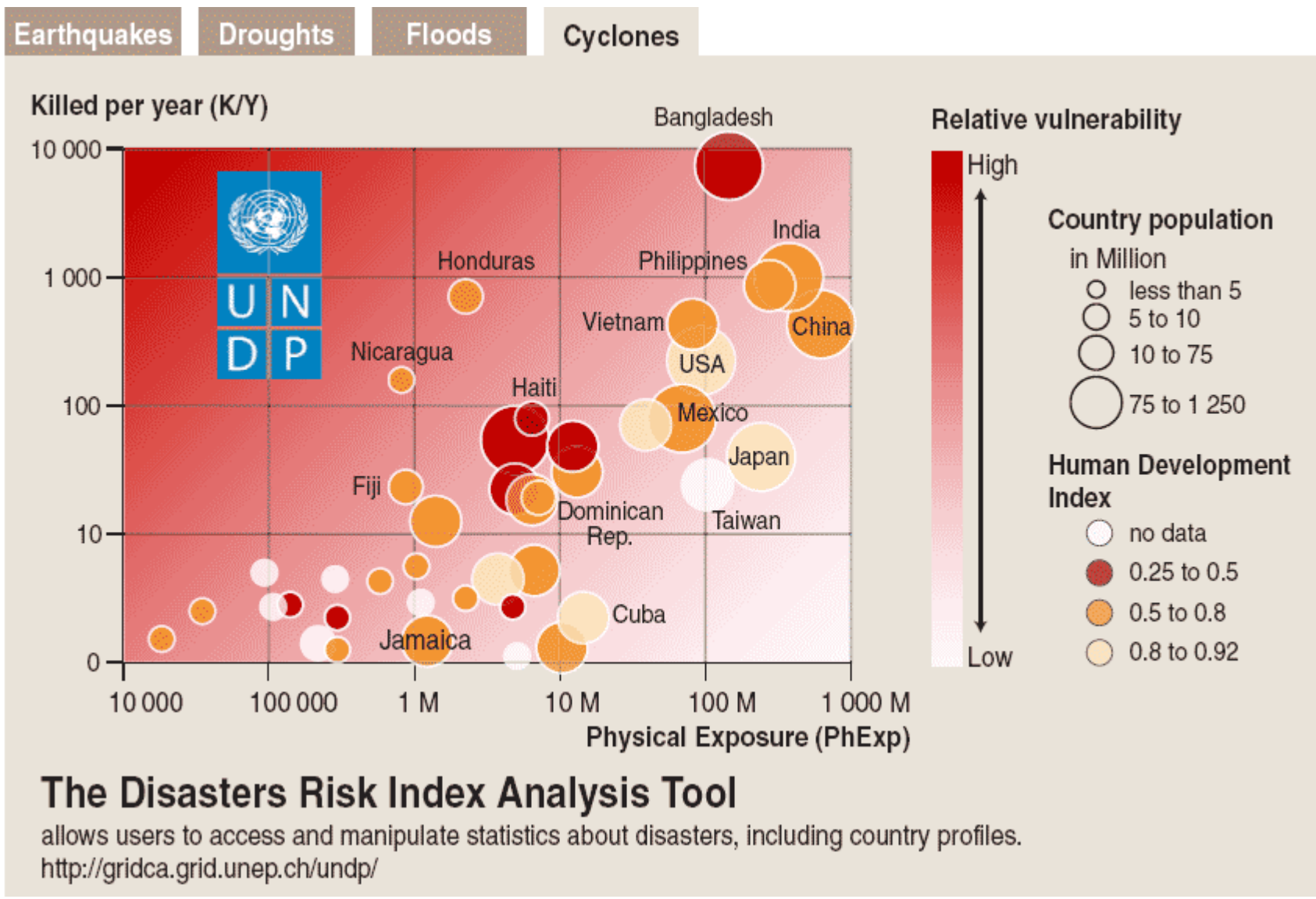
Fonte: Annual Disaster Statistical Review 2015 The numbers and trends, Guha-Sapir et. al., Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) Institute of Health and Society (IRSS) Université catholique de Louvain – Brussels, Belgium

L'esposizione aumenta ma la vulnerabilità in termini di vittime diminuisce



EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database – www.emdat.be – Université Catholique de Louvain, Brussels – Belgium

Cicloni tropicali – esposizione e vulnerabilità



I cicloni tropicali come causa di disastri naturali

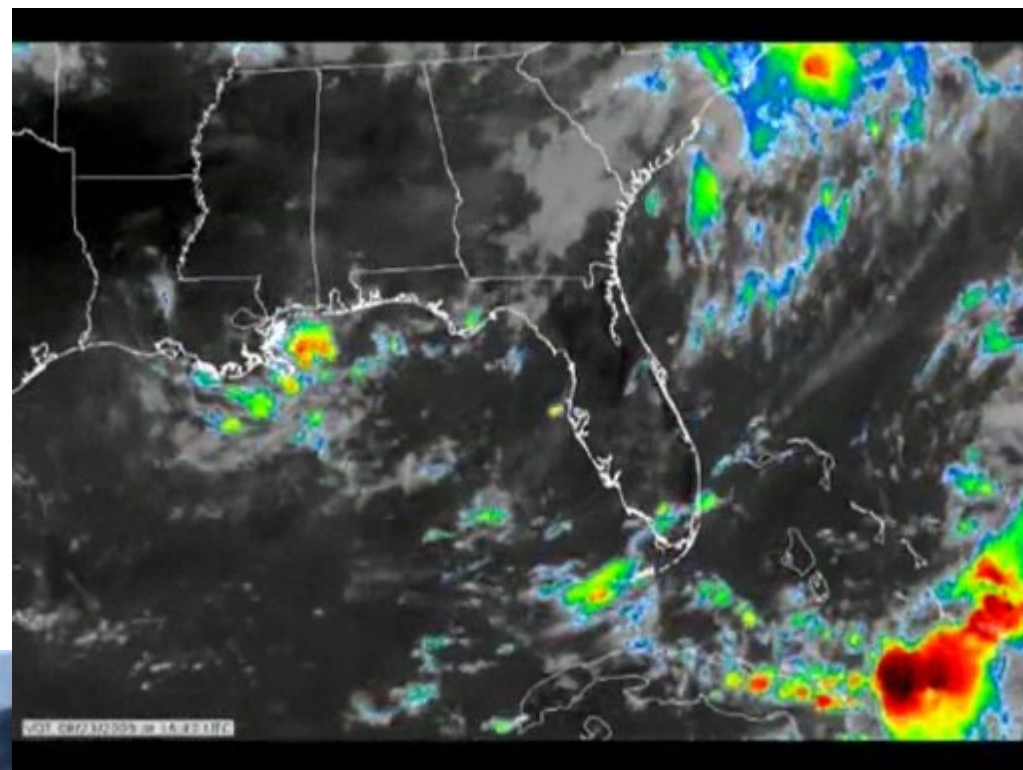
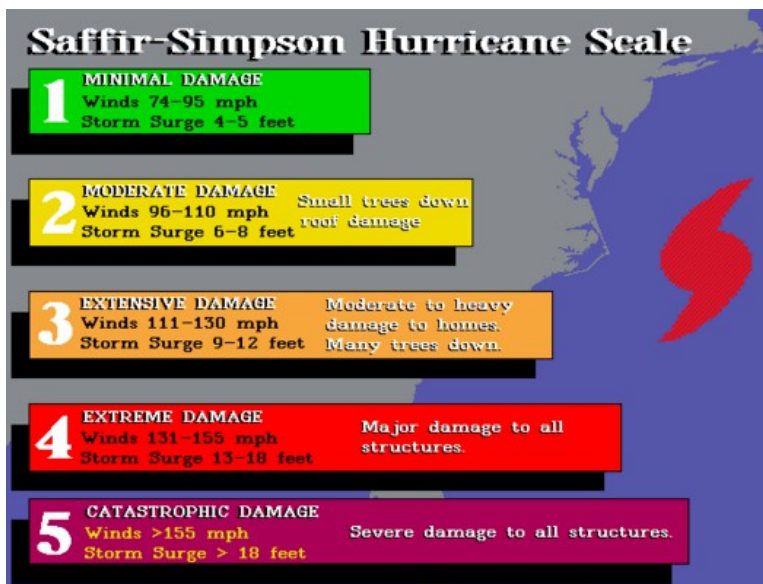
I cicloni tropicali producono danni alle attività umane e all'ambiente come conseguenza di:

- Vento forte (trasferimento di quantità di moto dall'atmosfera alla superficie planetaria)
- Precipitazioni intense (elevata efficienza nel condensare il vapore acqueo)

Effetti indotti dal ciclone tropicale

- Mareggiate (trasferimento di quantità di moto dal mare alla terraferma)
- Allagamenti (distribuzione di acqua liquida in funzione del geopotenziale)

I cicloni tropicali come causa di disastri naturali: esempi



Uragano Katrina
Animazione
immagini satellitari
nella banda IR



Uragano Wilma
Effetti sull'ambiente

I cicloni tropicali: definizione

I Cicloni tropicali (TC) sono minimi del campo geopotenziale, o di pressione, alla superficie terrestre che si sviluppano alle latitudini tropicali

Terminologia e classificazione secondo l'intensità

tropical depressions, *tropical storms* and **hurricanes** (Atlantic Ocean + Central and Eastern Pacific) (**typhoons** – Westren Pacific Ocean) (**cyclones** – Indian Ocean)

Generalmente la loro intensità viene definita con indici funzione dell'intensità del vento; in alcuni casi anche dell'intensità delle mareggiate, e varia nelle diverse aree geografiche (perché legata alla vulnerabilità)

Per l'Atlantico, il Pacifico centrale e orientale (USA)

Tropical storm	18–32 m/s, 34–63 knots 39–73 mph, 63–118 km/h
Tropical depression	≤17 m/s, ≤33 knots ≤38 mph, ≤62 km/h

Saffir–Simpson scale

Category	Wind speeds
Five	≥70 m/s, ≥137 knots ≥157 mph, ≥252 km/h
Four	58–70 m/s, 113–136 knots 130–156 mph, 209–251 km/h
Three	50–58 m/s, 96–112 knots 111–129 mph, 178–208 km/h
Two	43–49 m/s, 83–95 knots 96–110 mph, 154–177 km/h
One	33–42 m/s, 64–82 knots 74–95 mph, 119–153 km/h

Visione complessiva dei cicloni tropicali

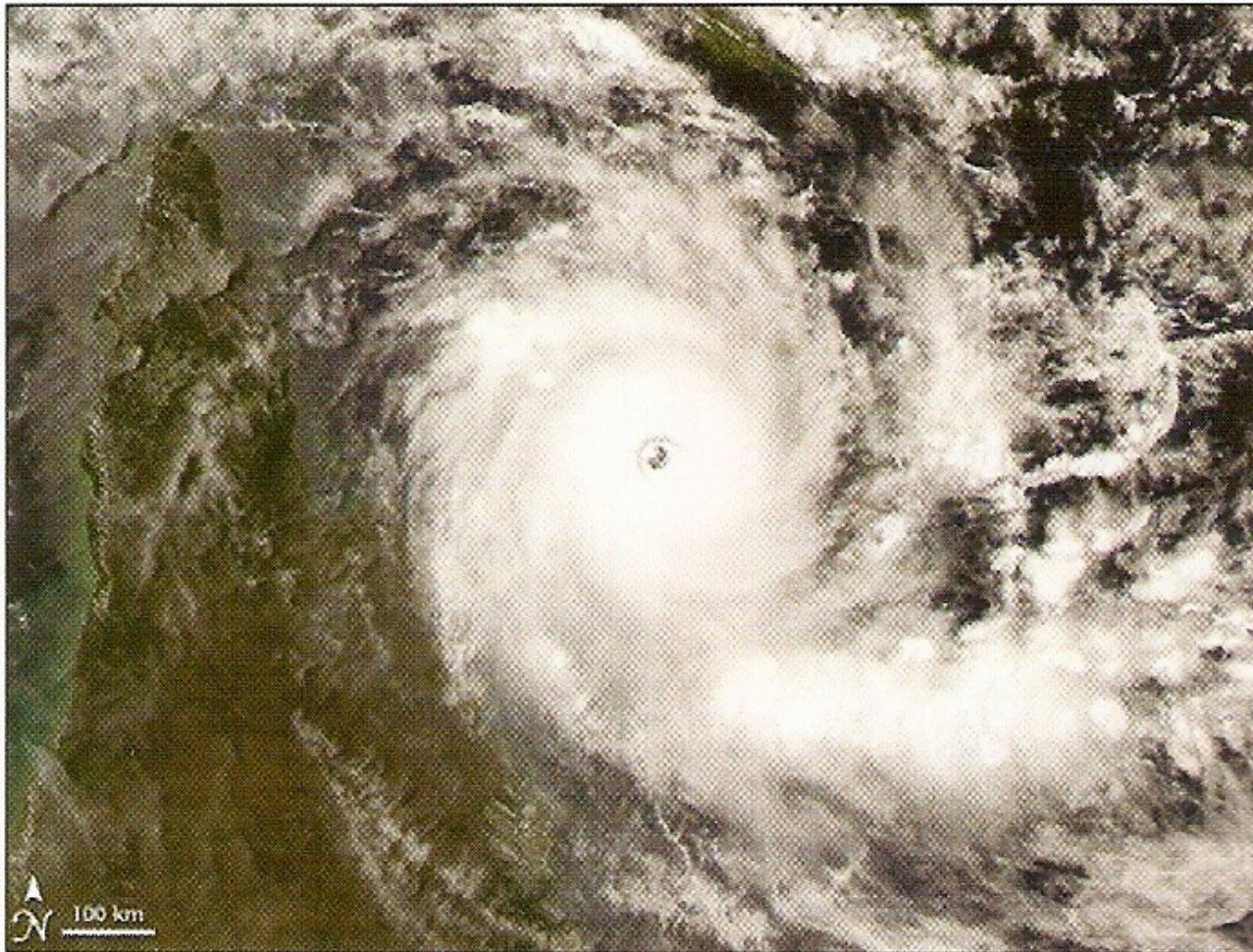
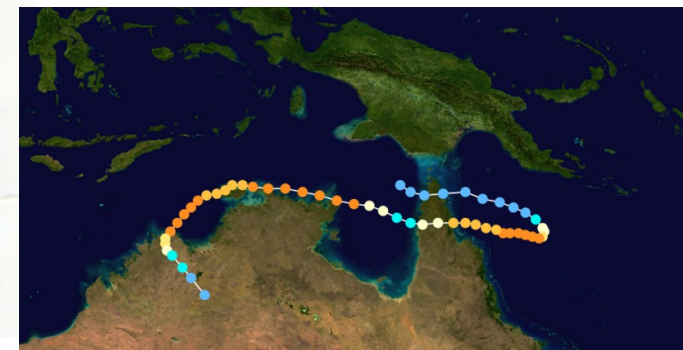


Figure 2: Cyclone Ingrid - captured by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Aqua satellite, 8/3/05.

Thanks to NASA <http://www.nasa.gov>

Australia



Sovente esistono più di un ciclone tropicale nella stessa area geografica

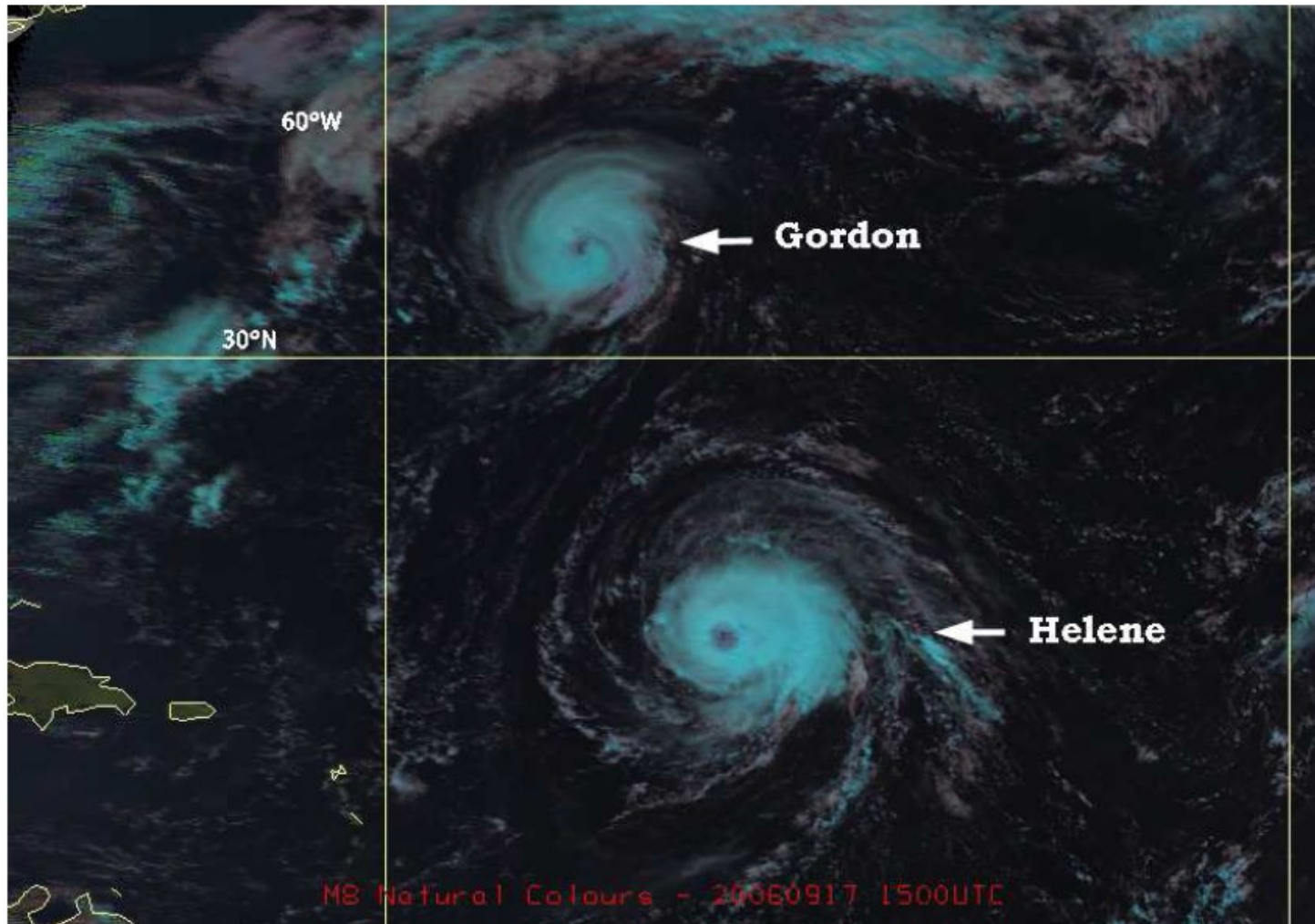


FIGURE 12. The tropical cyclones Gordon and Helene seen from satellite on September 17, 2006 15 UTC, copyright 2006 EUMETSAT

I cicloni tropicali: necessità di chiamarli per nome

La coesistenza di più di un ciclone tropicale nella stessa area geografica, ha imposto l'attribuzione di un nome a ciascuno di essi per renderne agevole il riferimento. I nomi vengono presi da una lista annuale, in ordine alfabetico. Le liste riguardano la specifica area e vengono riciclate (per l'Atlantico ogni 6 anni) a parte i nomi dei cicloni più dannosi, i quali vengono per sempre rimossi dalle liste ed entrano nell'elenco storico degli uragani dannosi

Names used for Atlantic Tropical Storms in the Past

2012	2013	2014	2015	2016
Alberto	Andrea	Arthur	Ana	Alex
Beryl	Barry	Bertha	Bill	Bonnie
Chris	Chantal	Cristobal	Claudette	Colin
Debby	Dorian	Dolly	Danny	Danielle
Ernesto	Erin	Edouard	Erika	Earl
Florence	Fernand	Fay	Fred	Fiona
Gordon	Gabrielle	Gonzalo	Grace	Gaston
Helene	Humberto	Hanna	Henri	Hermine
Isaac	Ingrid	Isaias	Ida	Ian
Joyce	Jerry	Josephine	Joaquin	Julia
Kirk	Karen	Kyle	Kate	Karl
Leslie	Lorenzo	Laura	Larry	Lisa
Michael	Melissa	Marco	Mindy	Matthew
Nadine	Nestor	Nana	Nicholas	Nicole
Oscar	Olga	Omar	Odette	Otto
Patty	Pablo	Paulette	Peter	Paula
Rafael	Rebekah	Rene	Rose	Richard
Sandy	Sebastien	Sally	Sam	Shary
Tony	Tanya	Teddy	Teresa	Tobias
Valerie	Van	Vicky	Victor	Virginie
William	Wendy	Wilfred	Wanda	Walter

Hurricane Ingrid

Category 1 hurricane (SSHWS/NWS)



Ingrid shortly before being upgraded to a hurricane on September 14

Formed	September 12, 2013
Dissipated	September 17, 2013
Highest winds	1-minute sustained: 85 mph (140 km/h)
Lowest pressure	983 mbar (hPa); 29.03 inHg
Fatalities	32 total
Damage	\$1.5 billion (2013 USD)
Areas affected	Mexico, Texas
Part of the 2013 Atlantic hurricane season	

Names used for Atlantic Tropical Storms

2017	2018	2019	2020	2021	2022
Arlene	Alberto	Andrea	Arthur	Ana	Alex
Bret	Beryl	Barry	Bertha	Bill	Bonnie
Cindy	Chris	Chantal	Cristobal	Claudette	Colin
Don	Debby	Dorian	Dolly	Danny	Danielle
Emily	Ernesto	Erin	Edouard	Elsa	Earl
Franklin	Florence	Fernand	Fay	Fred	Fiona
Gert	Gordon	Gabrielle	Gonzalo	Grace	Gaston
Harvey	Helene	Humberto	Hanna	Henri	Hermine
Irma	Isaac	Imelda	Isaias	Ida	Ian
Jose	Joyce	Jerry	Josephine	Julian	Julia
Katia	Kirk	Karen	Kyle	Kate	Karl
Lee	Leslie	Lorenzo	Laura	Larry	Lisa
Maria	Michael	Melissa	Marco	Mindy	Martin
Nate	Nadine	Nestor	Nana	Nicholas	Nicole
Ophelia	Oscar	Olga	Omar	Odette	Owen
Philippe	Patty	Pablo	Paulette	Peter	Paula
Rina	Rafael	Rebekah	Rene	Rose	Richard
Sean	Sara	Sebastien	Sally	Sam	Shary
Tammy	Tony	Tanya	Teddy	Teresa	Tobias
Vince	Valerie	Van	Vicky	Victor	Virginie
Whitney	William	Wendy	Wilfred	Wanda	Walter

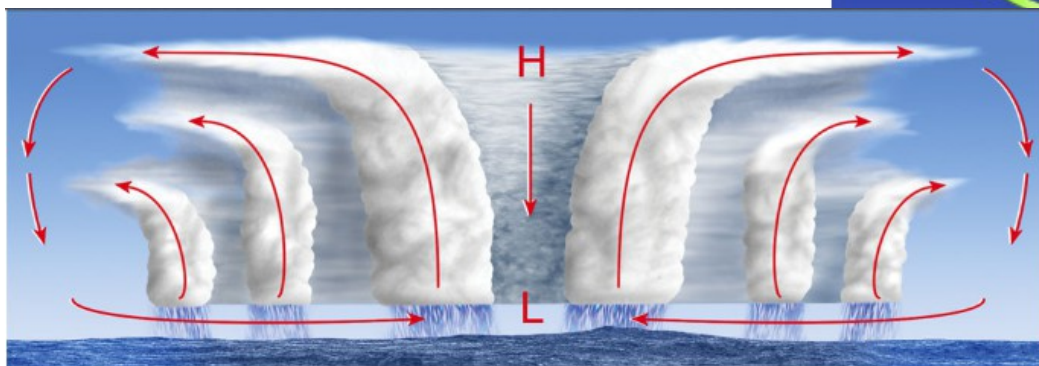
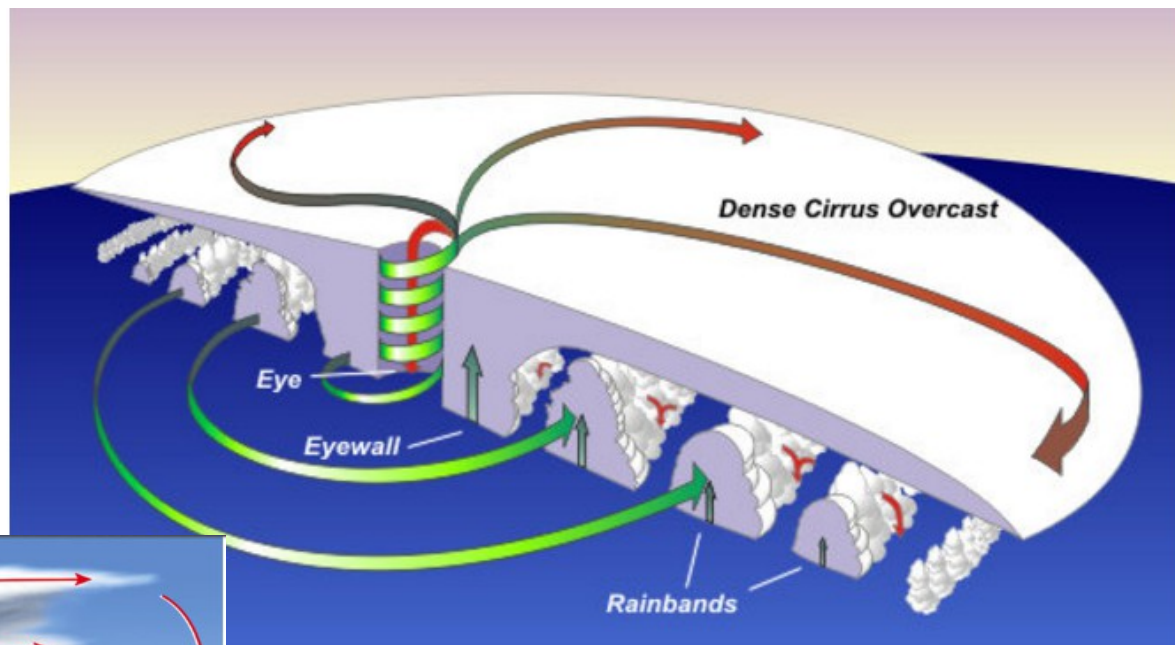
I cicloni tropicali: caratteristiche essenziali

- Campo isobarico circolare al livello del mare con un minimo centrale
- Streamline circolari ma con intensità del vento distribuita asimmetricamente
- Intensità del vento massima a ridosso dell'occhio e minima in prossimità della zona centrale
- L'intensità del vento decrescente con l'altezza
- Bande di pioggia associate a formazioni aggregate di cumulonembi inserite nella struttura circolare del ciclone, le quali si muovono ciclonicamente verso l'interno della struttura, mentre in prossimità della tropopausa formazioni di cirri si allontanano dal centro con rotazione anticiclonica
- Dimensione tipica del ciclone dell'ordine di 100 km circa alla superficie terrestre, mentre in tropopausa dell'ordine di 1000 km.
- Sono fenomeni stagionali, in particolare sono tipici della stagione calda.

I cicloni tropicali: struttura e circolazione

Rotazione ciclonica in superficie,
anticiclonica in tropopausa

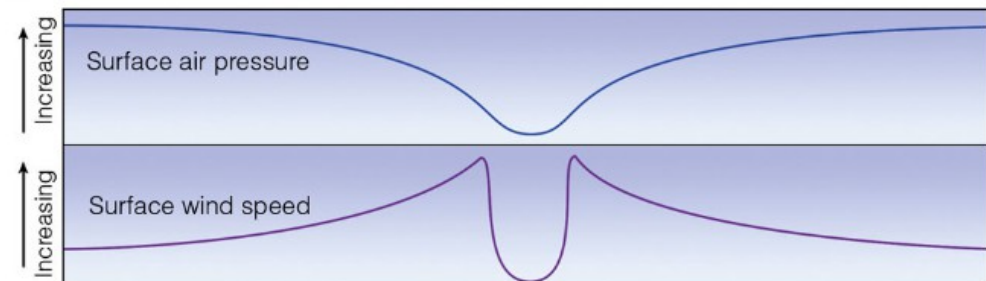
Trasporto radiale verso il centro
in superficie, verso l'esterno negli
strati superiori



Fonte: http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tropics/tc_structure.html

Minimo di pressione nell'occhio

Massima velocità del vento nel
muro che confina l'occhio



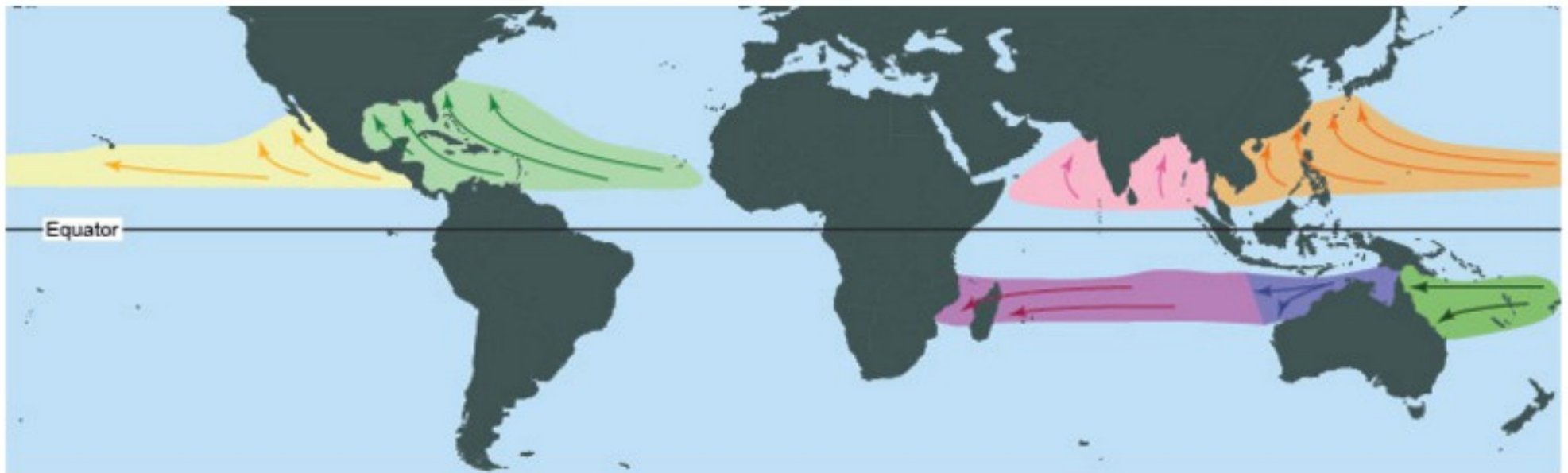
© 2007 Thomson Higher Education

Fonte: <https://physics.stackexchange.com/questions/108832/why-do-tropical-cyclones-not-tear-themselves-apart>

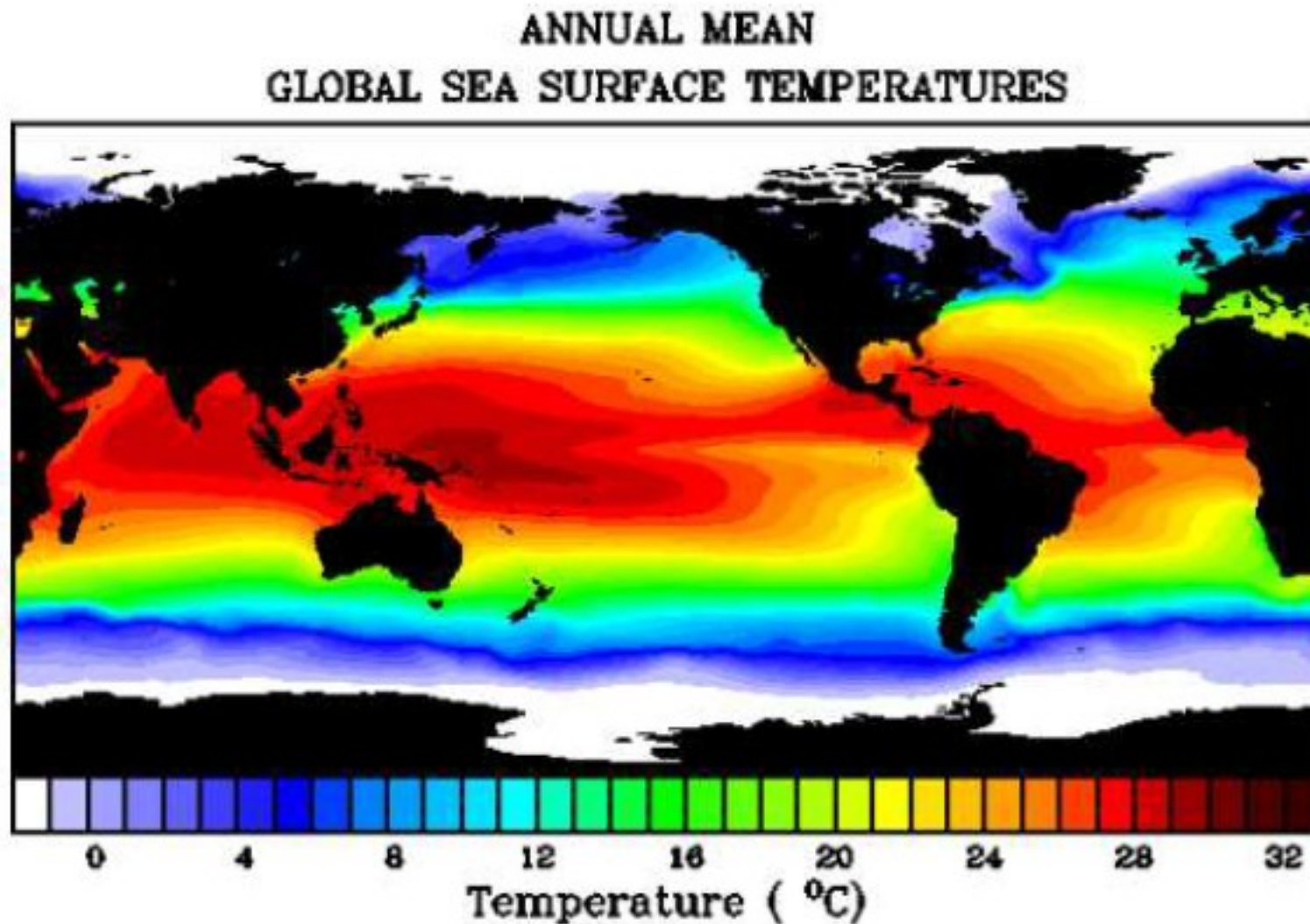
I cicloni tropicali: aree geografiche di formazione ed evoluzione

I cicloni tropicali si sviluppano ed evolvono nelle regioni tropicali dove trovano I seguenti elementi:

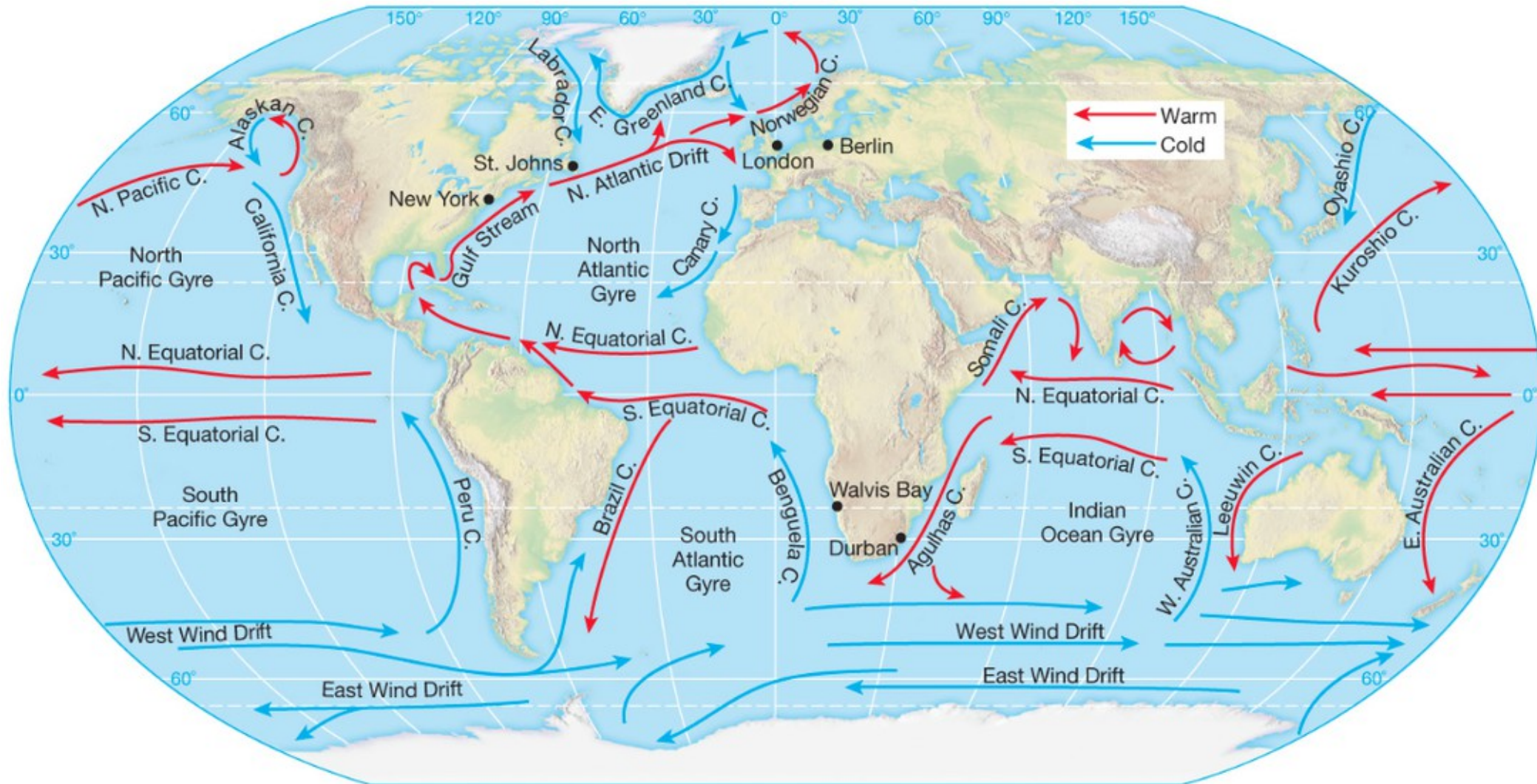
- Forza di Coriolis ancora importante rispetto al gradienti di pressione.
- Temperatura superficiale del mare elevata ($>$ circa $26\text{ }^{\circ}\text{C}$).



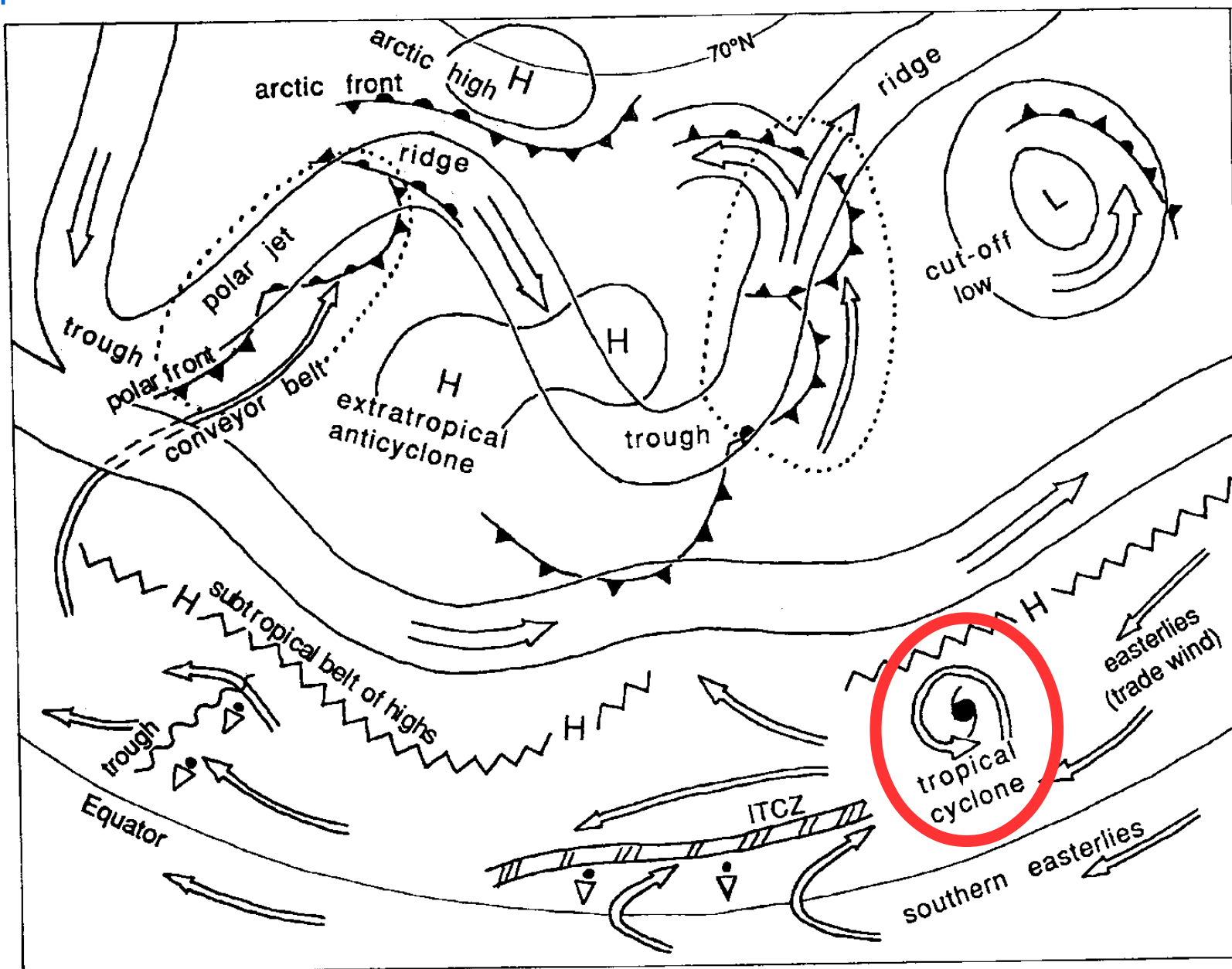
I cicloni tropicali: perché non sono distribuiti uniformemente lungo i tropici?



I cicloni tropicali e la loro dipendenza dalle correnti oceaniche superficiali calde



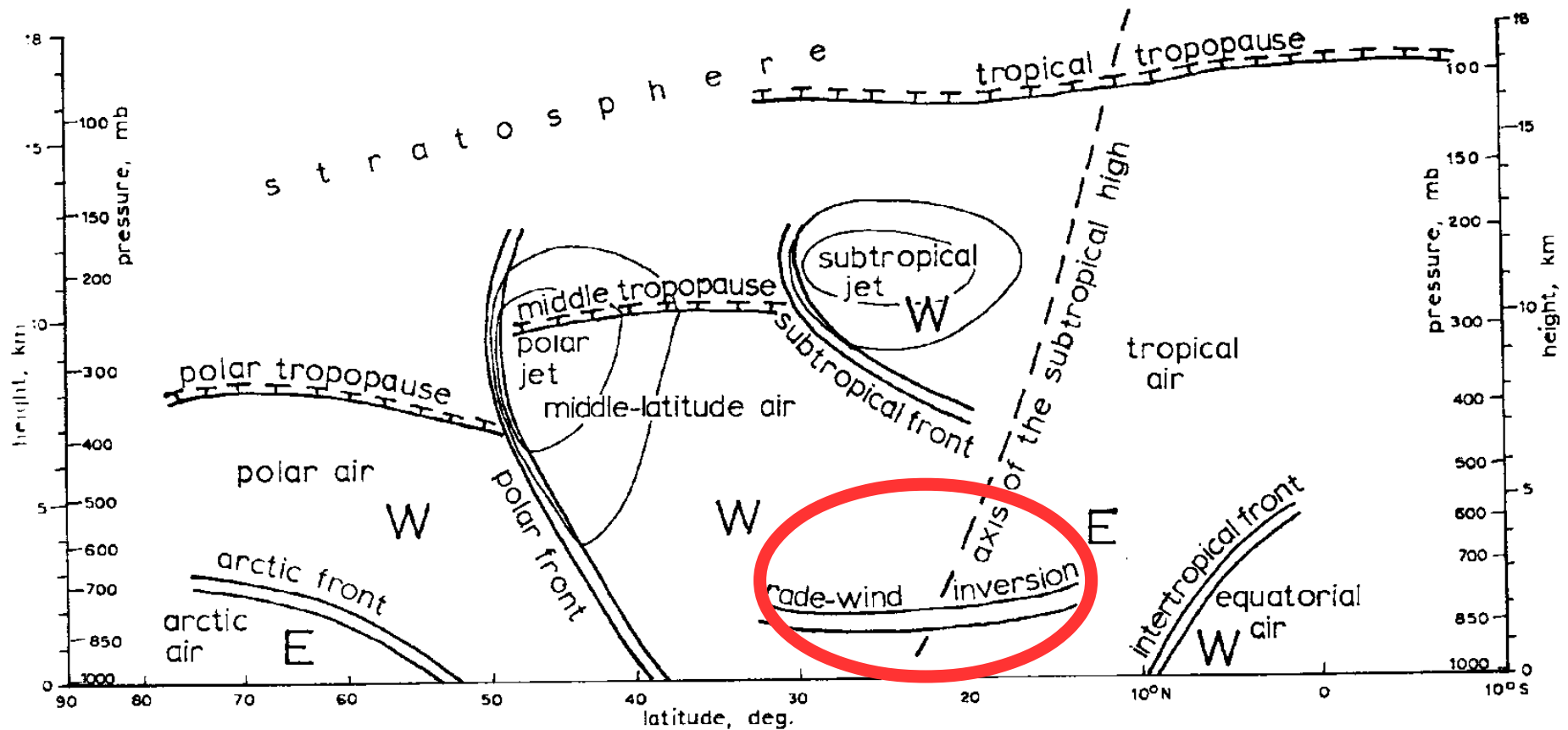
I cicloni tropicali: simbolo identificativo



I cicloni tropicali e la loro collocazione lungo la sezione meridiana dell'atmosfera

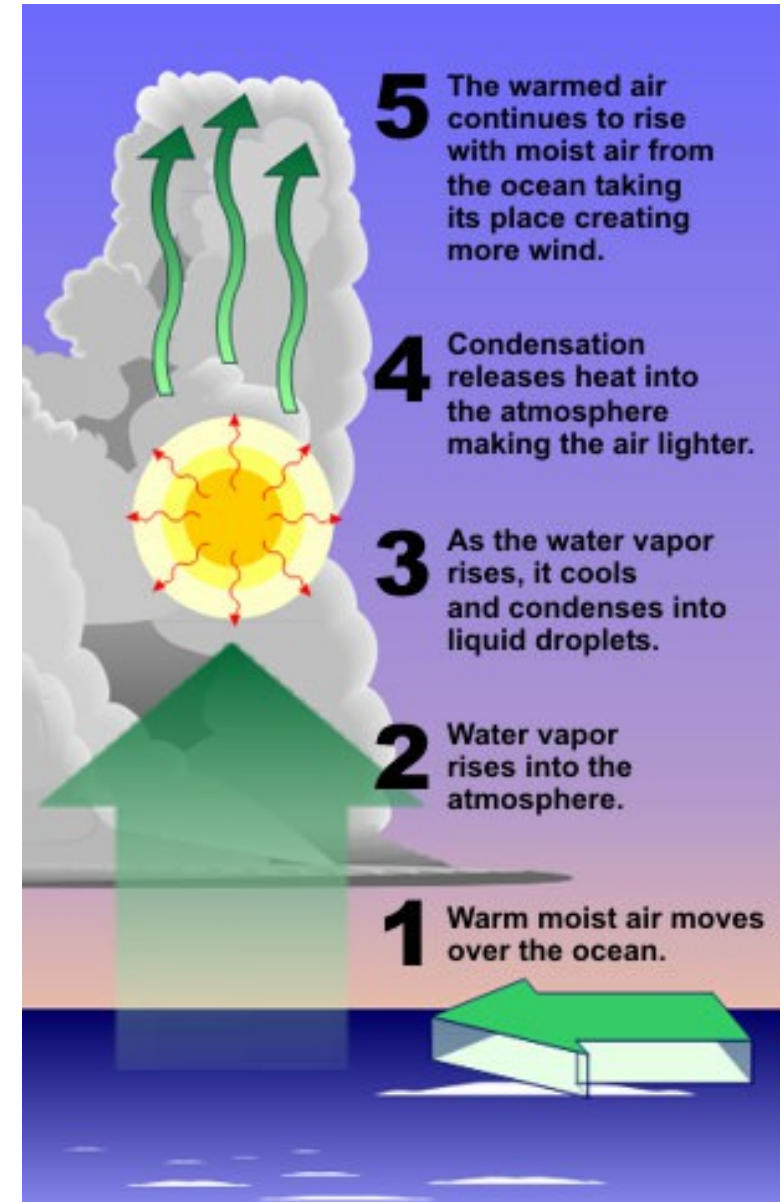
Non ci sono cicloni tropicali nelle regioni equatoriali perché la forza di Coriolis è trascurabile rispetto ai gradienti di pressione, infatti non si osservano cicloni tropicali per una fascia di 6° a cavallo dell'equatore, inoltre sono molto rari in prossimità dei $\pm 10^\circ$ di latitudine.

Conseguentemente i cicloni tropicali hanno sempre circolazione ciclonica



I cicloni tropicali: loro formazione e causa

- ▶ Temperatura superficiale del mare elevata ($> 26^{\circ}\text{C}$);
- ▶ Aria calda e umida nello strato limite atmosferico
- ▶ Rilascio del calore latente di condensazione del vapore acqueo + calore sensibile dovuto alle alte temperature superficiali del mare.



I cicloni tropicali: loro evoluzione

La stagione degli **uragani** per l'oceano Atlantico è **da giugno a novembre**, mentre la stagione dei **tifoni** (Indiano e Pacifico occidentale) ,è **bimodale** con due picchi, **prima e dopo il periodo dei monsoni, giugno-agosto**, a causa del raffreddamento della bassa troposfera dovuto alle intense precipitazioni.

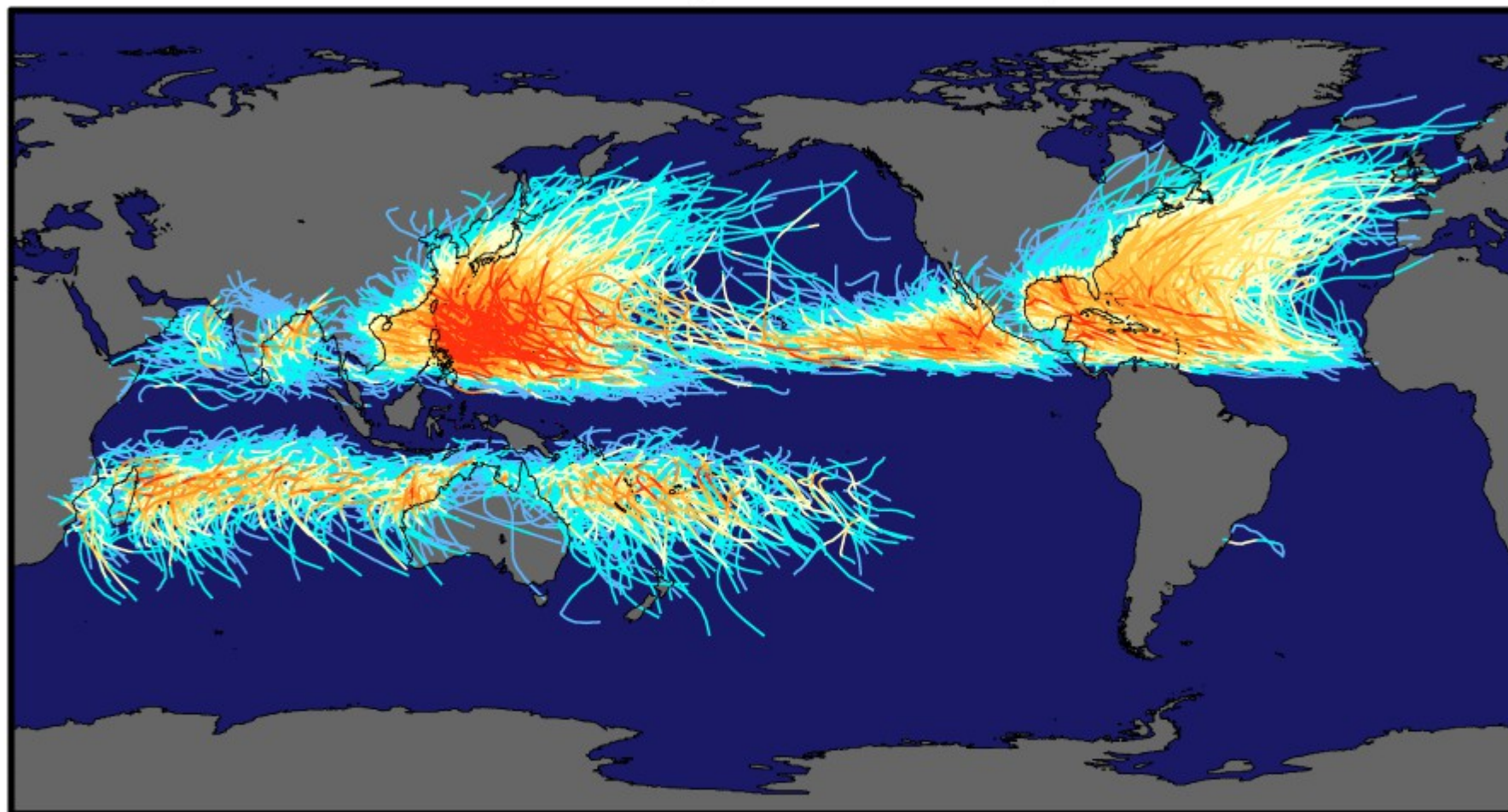
Evoluzione dei cicloni tropicali

- ▶ Nascono negli oceani tropicali caldi
- ▶ Si muovono lungo gli alisei per alcuni giorni
- ▶ Poi si muovono verso nord (emisfero nord) o verso sud (emisfero sud)
- ▶ Si dissipano quando raggiungono il continente oppure regioni di oceano più fredde e ($20^\circ - 40^\circ$ di latitudine)

Alcuni cicloni continuano ad esistere allontanandosi dai tropici e ritornano verso est, nella corrente dei venti occidentali delle medie latitudini, trasformati in cicloni extra-tropicali, se hanno ancora sufficiente calore sensibile a disposizione.

I cicloni tropicali: loro traiettorie

Tracks and Intensity of All Tropical Storms



Saffir-Simpson Hurricane Intensity Scale

I cicloni tropicali: circolazione primaria

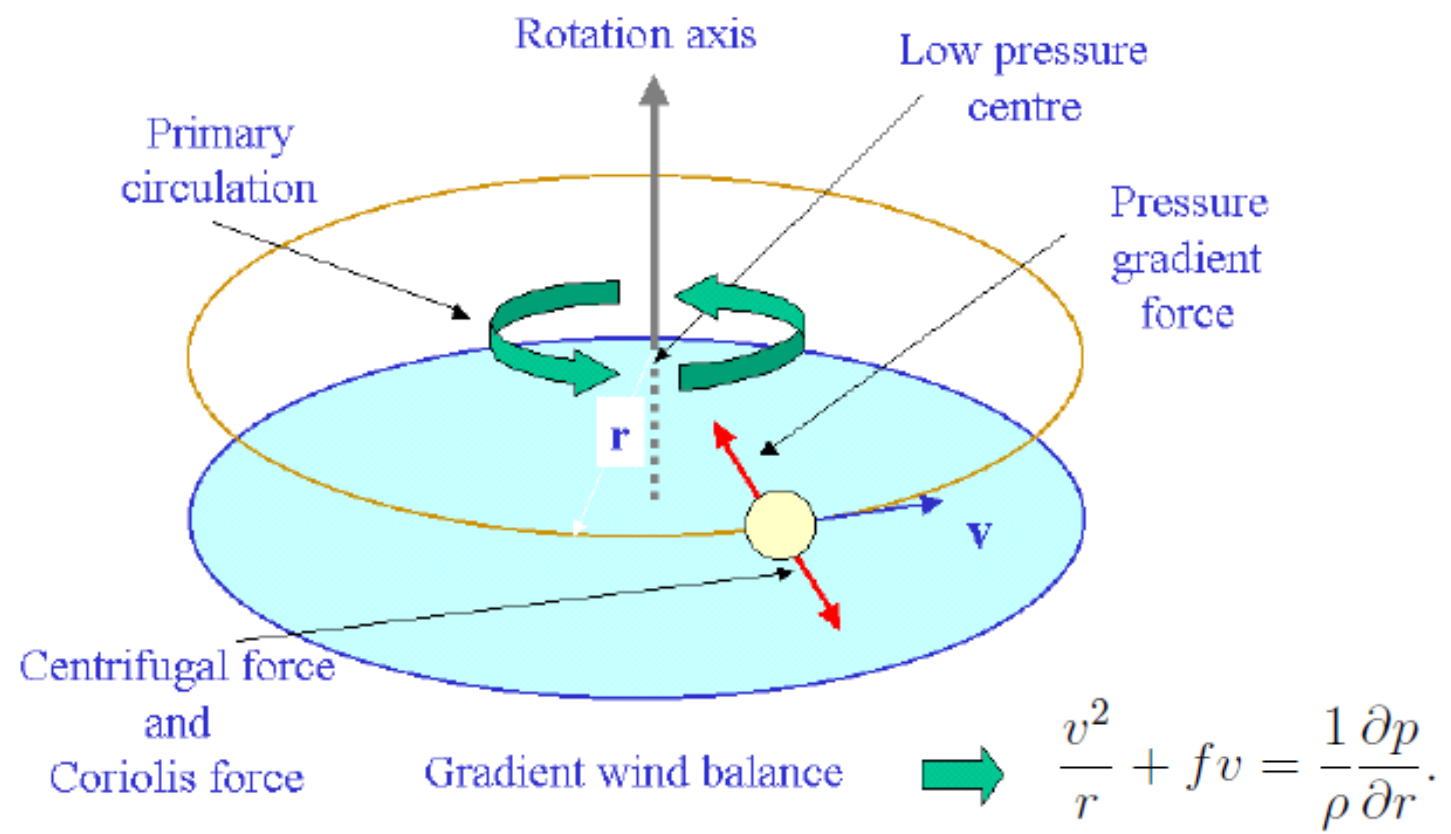


Figure 2.1: Schematic diagram illustrating the gradient wind force balance in the primary circulation of a tropical cyclone.

I cicloni tropicali: circolazione secondaria

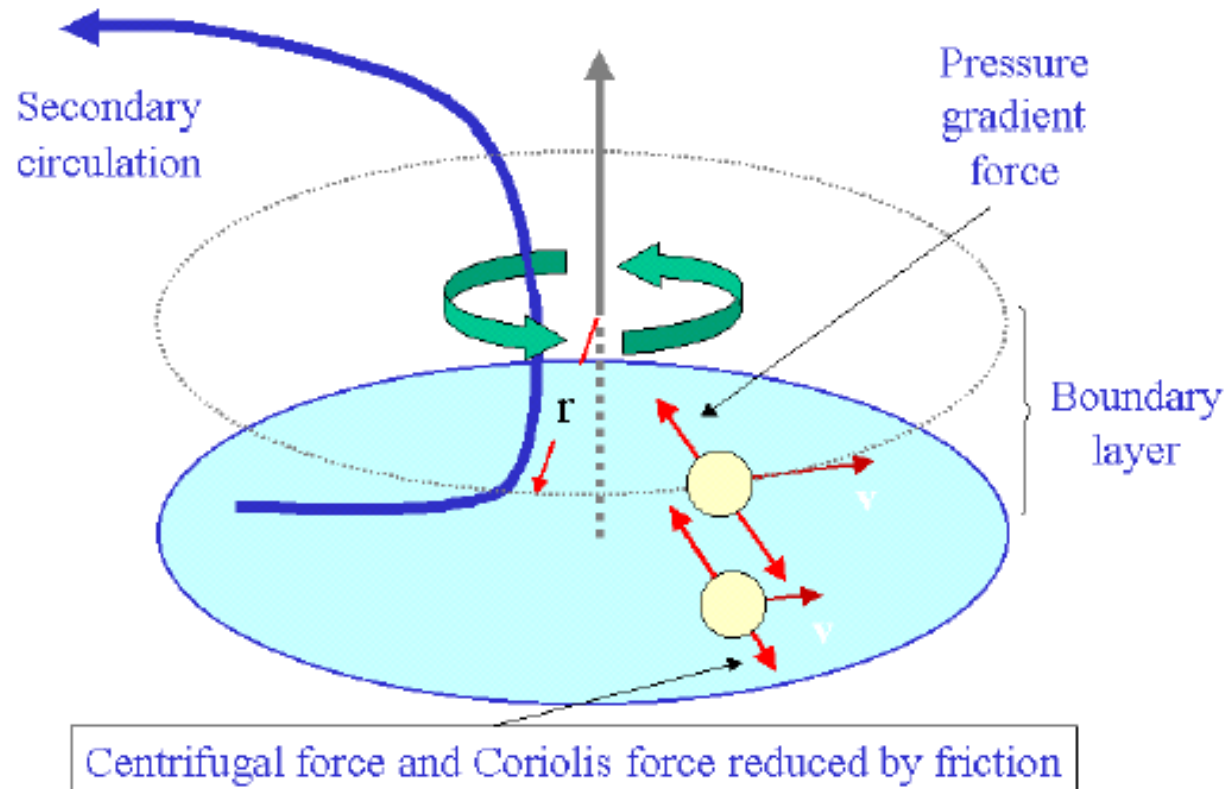


Figure 2.2: Schematic diagram illustrating the disruption of gradient wind balance by friction in the boundary layer leaving a net inward pressure gradient that drives the secondary circulation with inflow in the boundary layer and outflow above it.

I cicloni tropicali: profili verticali e altezza dello strato limite atmosferico

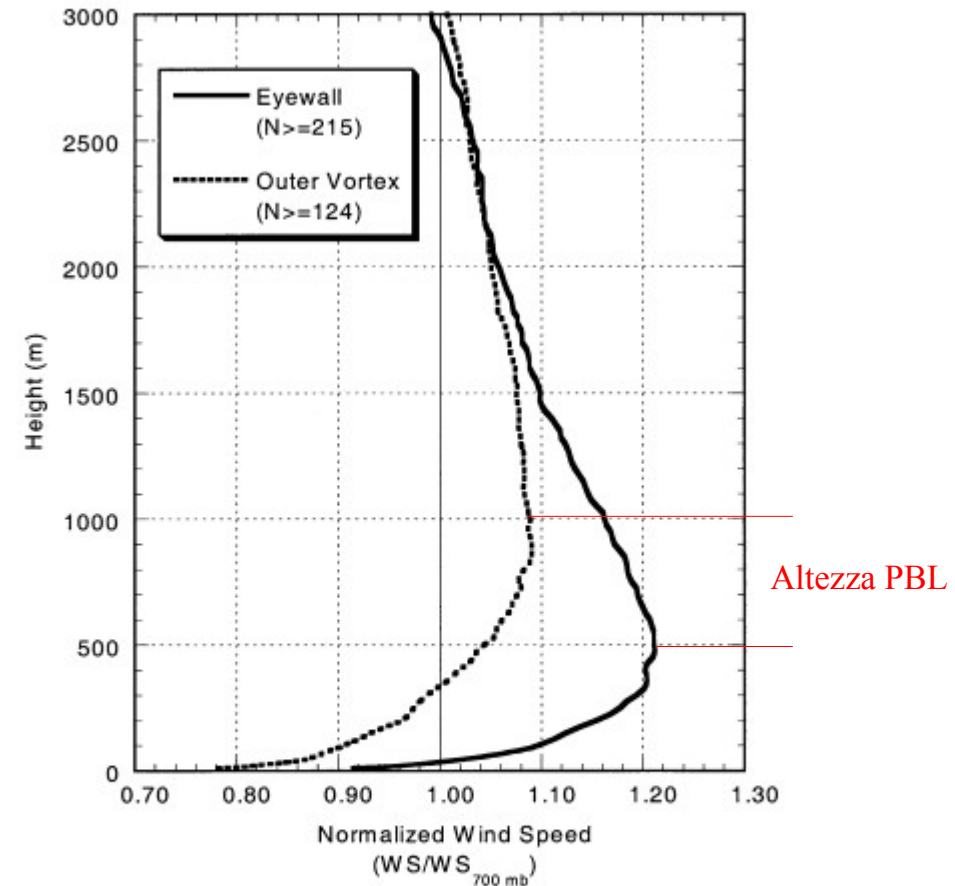
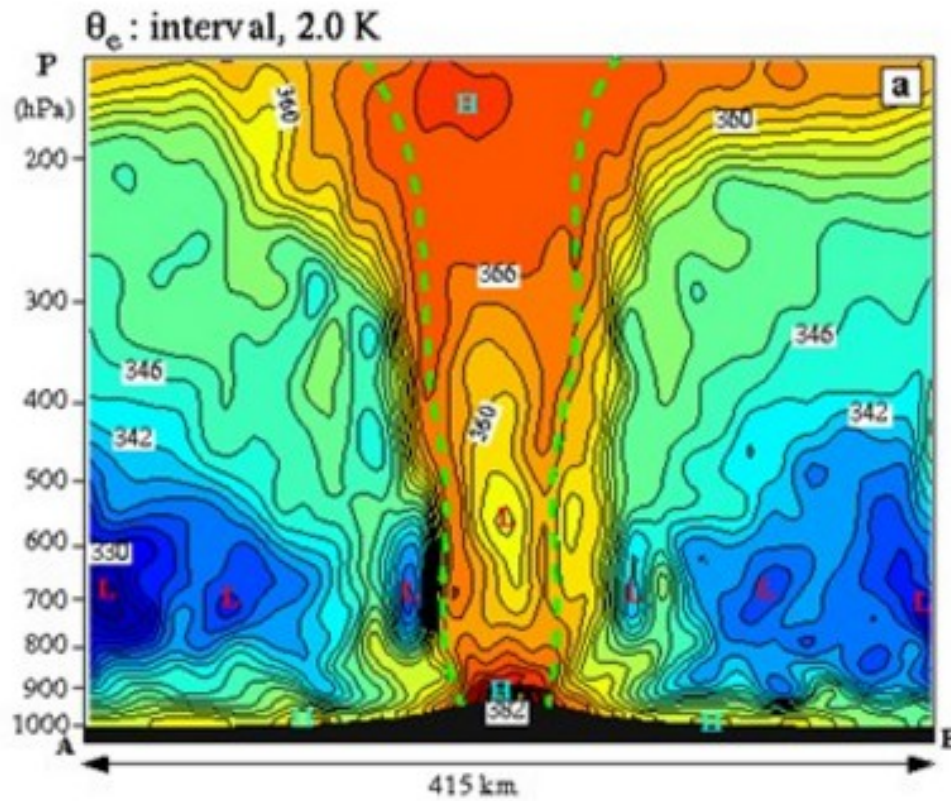


FIG. 8. Mean hurricane wind speed profiles for the eyewall and outer-vortex regions. Wind speeds are averaged and expressed as a fraction of the profile wind speed at 700 hPa. The minimum number of profiles used to construct the averages is also indicated.

I cicloni tropicali: circolazione secondaria nel dettaglio

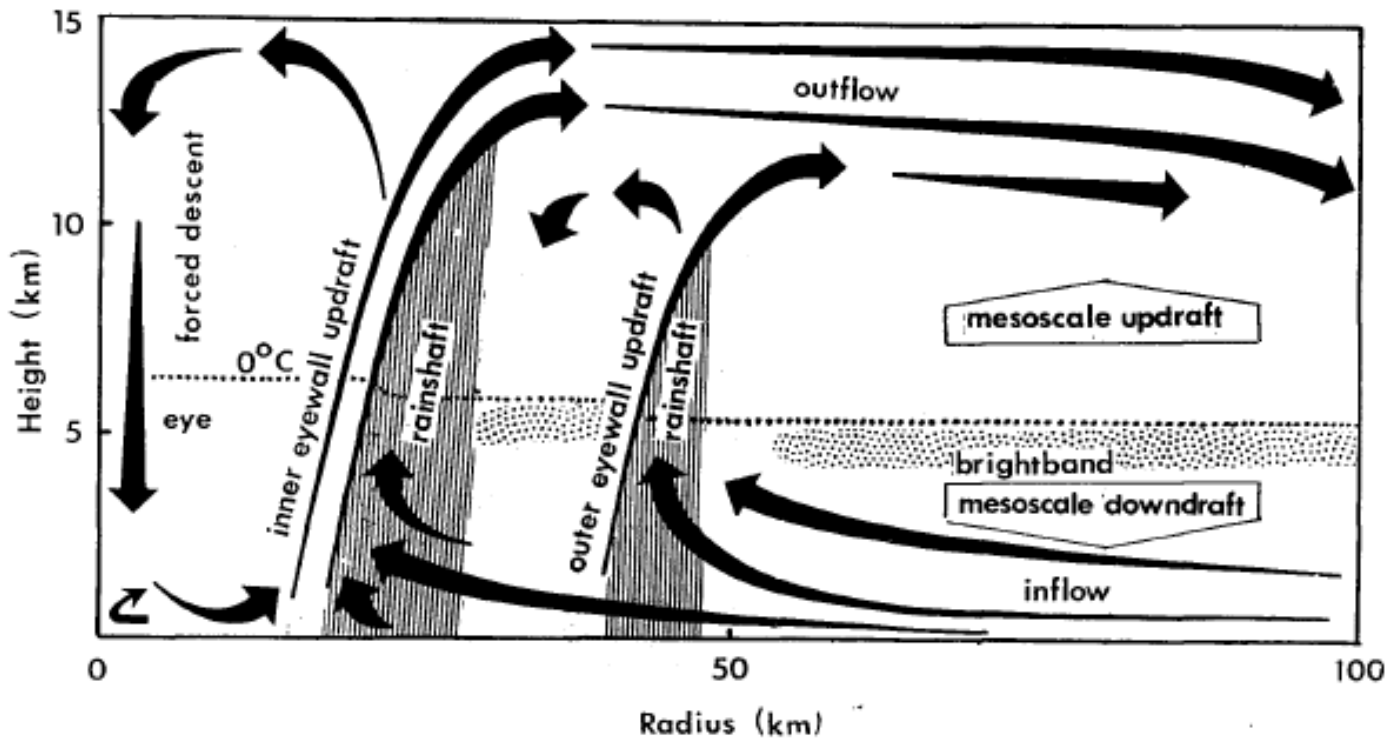


Figure 1.9: Schematic of the secondary circulation and precipitation distribution for a tropical cyclone similar to Hurricane Gilbert at the time in Fig. 1.6. (From Willoughby 1988)

I cicloni tropicali: e cambiamenti climatici

Tropical Cyclones and climate change, any correlation? From IPCC.

There is observational evidence for an increase of intense **tropical cyclone** activity in the North Atlantic since about 1970, correlated with increases in **tropical SSTs**.

It is not clear whether a trend exists or not. (**Large uncertainty**)

Multi-decadal variability and the quality of the tropical cyclone records prior to routine satellite observations in about 1970 complicate the detection of long-term trends in tropical cyclone activity and there is no clear trend in the annual numbers of tropical cyclones.

L'idea di base a sostegno di un trend è la seguente: aumenta la temperatura media del pianeta, quindi anche quella della superficie dei mari, conseguentemente aumenta, almeno l'intensità dei cicloni tropicali se non anche la frequenza.

I cicloni tropicali e cambiamenti climatici: attenzione a bias osservativi

Recent studies (K. Chen and J. McAneney) have pointed out that the HURDAT (official Atlantic hurricane database, from U.S. National Hurricane Center) is likely to be affected by observational biases in the wind speed and hurricane counts.

- hurricanes in North Atlantic since 1851 to 2008 taking in account for:.
- 1947 aircraft measurements and hurricane reconnaissance,
- 1966 geostationary satellite identification
- 1972 development of Dvorak intensity estimation

Results:

earlier records, namely those before 1943, may be affected by underestimates in large wind speeds records, that is records greater than 100 knots

These results lead to consider carefully the correlations that may arise between past century climate change trends and the trends in frequency and intensity of hurricanes in the northern Atlantic.

Tropical Cyclones and climate change: observations and biases

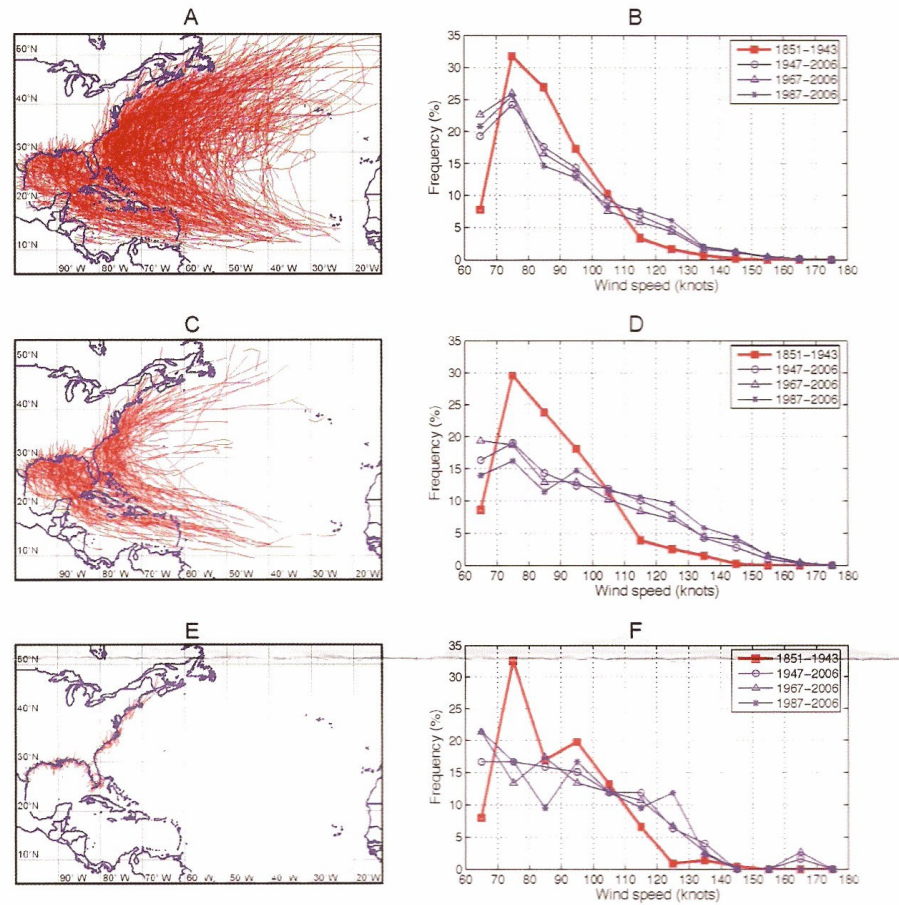


Fig. 1. Atlantic TC track segments (Category 1-5 wind speeds, 1851-2008) at three geographical scales and associated wind speed distributions for four historical periods selected: 1851-1943, 1947-2006, 1967-2006 and 1987-2006. (A) All segments of all Atlantic basin TCs. (B) Wind speed distributions for A. (C) All segments of all TCs that crossed the U.S. mainland. (D) Wind speed distributions for C. (E) U.S. landfalling segments. (F) Wind speed distributions for E.

I cicloni tropicali: esempi di danni

Cyclone Tracy – Darwin Australia
90% destruction 25,000 people evacuated

Katherine River flood 2006 – Australia
10,000 people affected



Figure 1: Aerial view looking south across the Katherine River towards the Town Centre at 2:42pm Thursday 6th April; i.e. looking approximately from top to bottom of Figure 1. (Source: Department of Defence; photo taken by Leading Aircraftman Steve Duncan from a Hornet F18.)

Risk Frontiers newsletter – Macquarie University – Sidney <http://www.riskfrontiers.com>

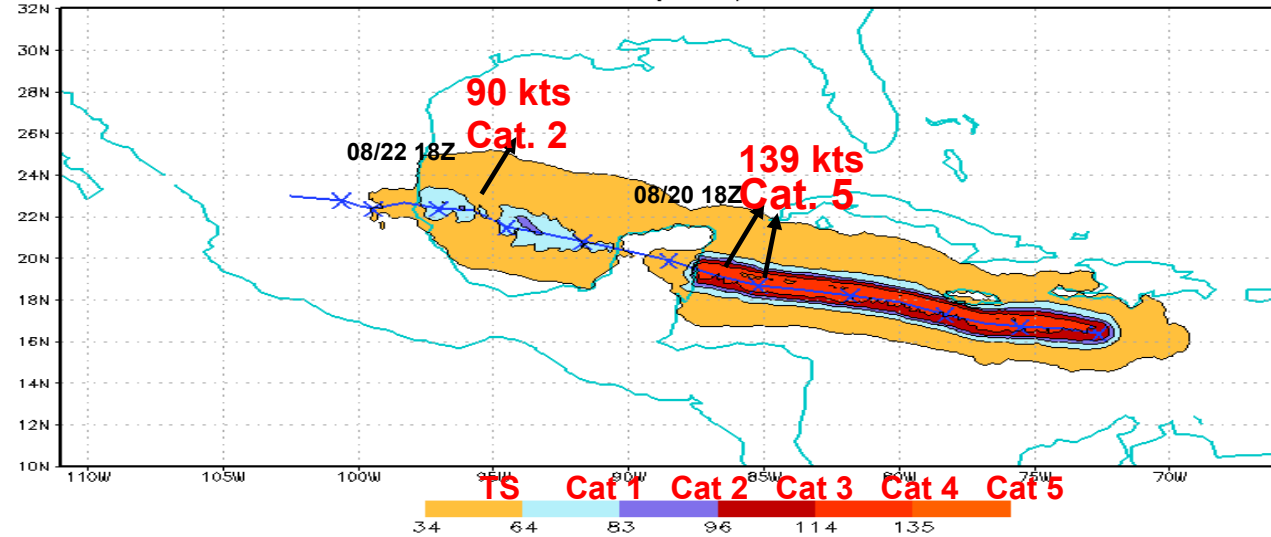


http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tropics/tc_potential.html

I cicloni tropicali e previsioni numeriche

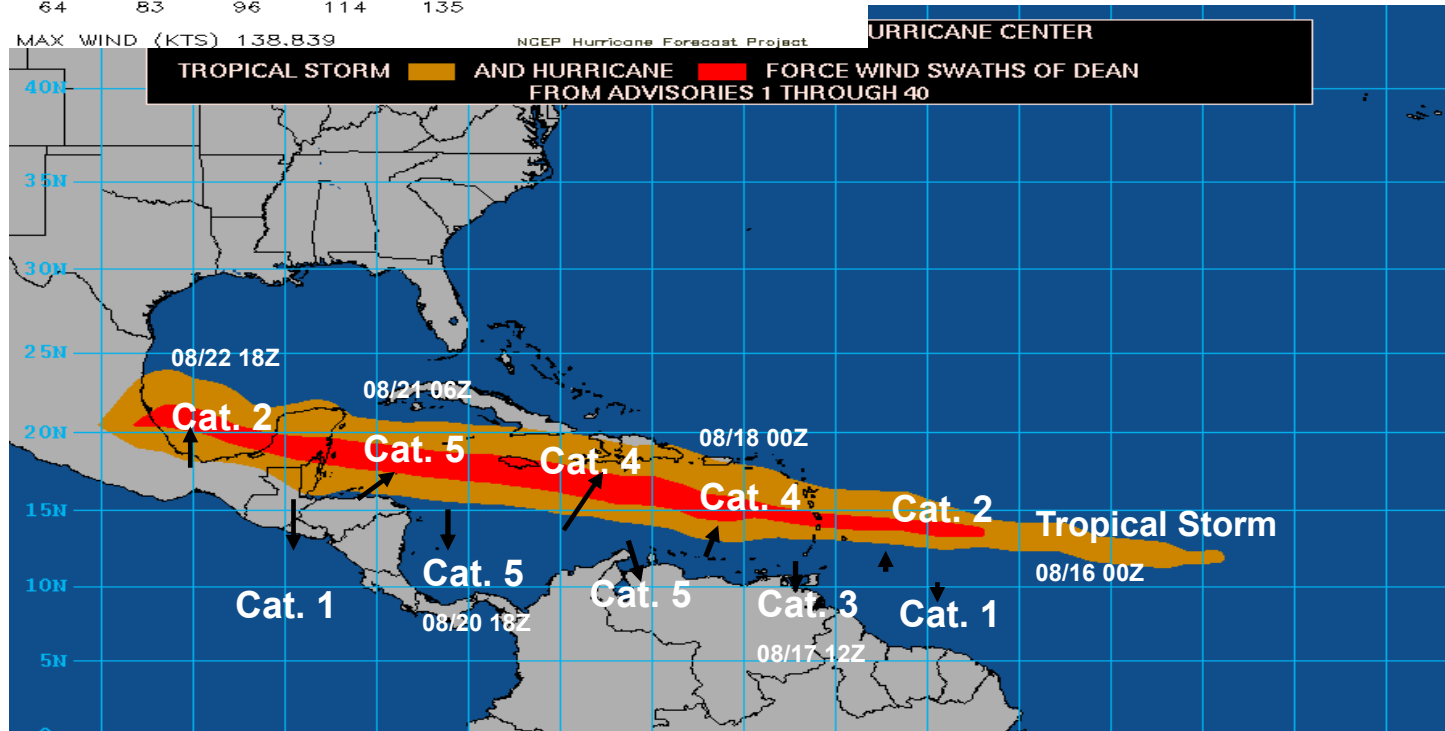
INIT 2007081906Z for 126 h FCST VALID 2007082412Z
START POS (16.40 LAT, -72.60 LON) FINAL POS (23.00 LAT, -102.50 LON)X=12 h POS

HWRF 10M MAX WIND (KTS) SWATH DEAN04L



Uragano Dean

Previsioni per cinque giorni di evoluzione dell'intensità del vento.



Simulazione ad altissima risoluzione dell'evoluzione di un ciclone tropicale

WRF ARW simulations using LES technique – 6 nestings

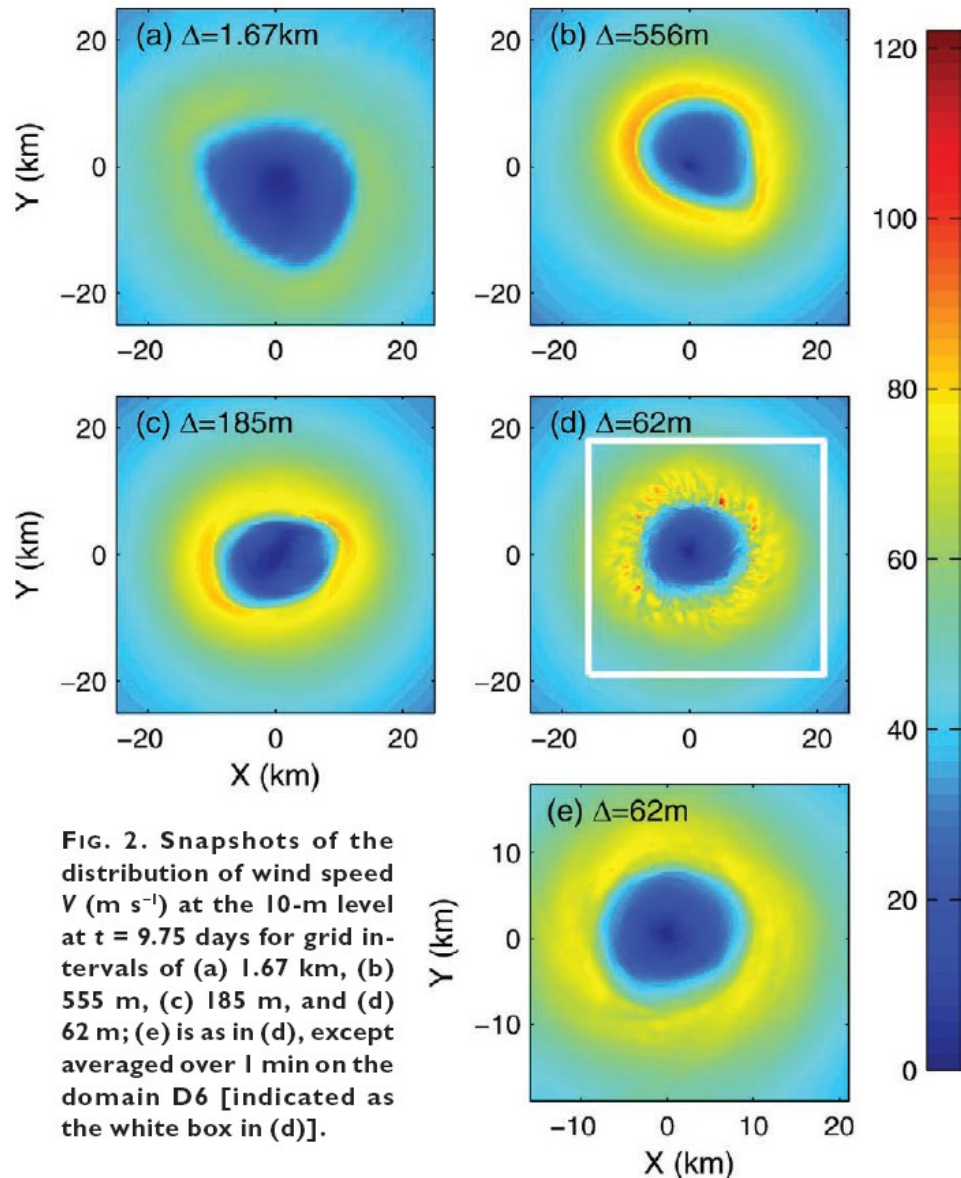


FIG. 2. Snapshots of the distribution of wind speed V (m s⁻¹) at the 10-m level at $t = 9.75$ days for grid intervals of (a) 1.67 km, (b) 555 m, (c) 185 m, and (d) 62 m; (e) is as in (d), except averaged over 1 min on the domain D6 [indicated as the white box in (d)].

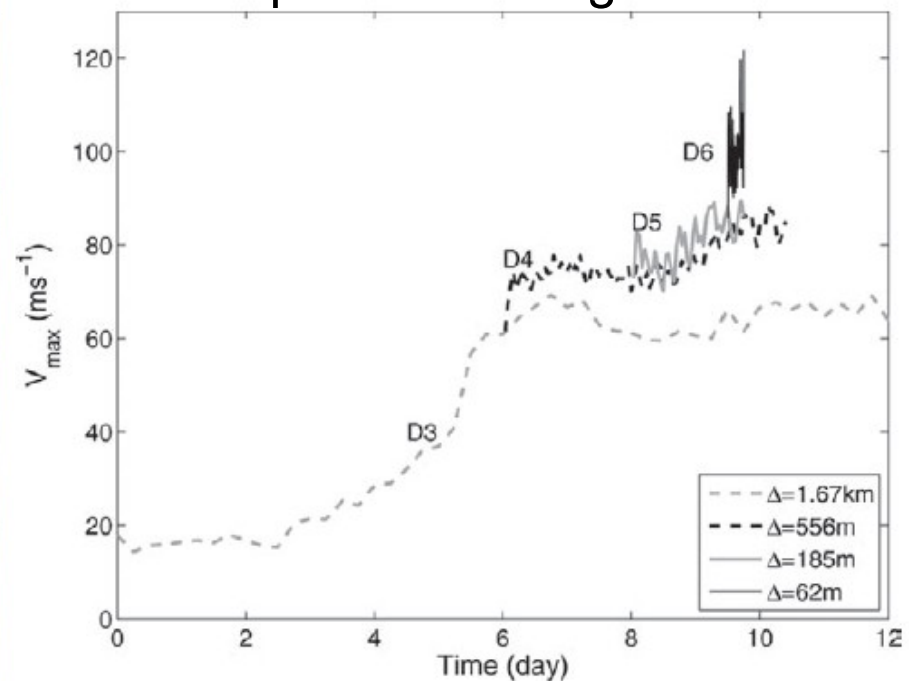


FIG. 1. Time series of the maximum wind speed V_{\max} at the 10-m level for integrations with decreasing grid size in the inner core of the tropical cyclone.

AFFILIATIONS: ROTUNNO, CHEN, WANG, DAVIS, DUDHIA, AND HOLLAND—National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

CORRESPONDING AUTHOR: Richard Rotunno, NCAR, P.O. Box 3000, Boulder, CO 80307-3000
E-mail: rotunno@ucar.edu

DOI:10.1175/2009BAMS2884.1

©2009 American Meteorological Society

I cicloni extra-tropicali come causa di disastri naturali

I cicloni extra-tropicali producono danni alle attività umane e all'ambiente come conseguenza di:

- Vento forte (trasferimento della quantità di moto dall'atmosfera alla superficie planetaria)
- Precipitazioni intense (elevata efficienza nel condensare il vapore acqueo)

Effetti indotti dal ciclone extra-tropicale

- Mareggiate (trasferimento della quantità di moto dal mare alla terraferma)
- Allagamenti (distribuzione di acqua liquida in funzione del geopotenziale)
- Valanghe
- Frane

I cicloni extra-tropicali: definizione e ingredienti essenziali alla loro esistenza

Definizione di ciclone extra-tropicale

I cicloni extra-tropicali (ETC) sono ampi vortici atmosferici, presenti alle medie latitudini, i cui venti tracciano delle traiettorie che curvano ciclonicamente verso una depressione centrale.

Elementi essenziali dei cicloni extra-tropicali

- Instabilità baroclina
- Bilancio geostrofico

I cicloni extra-tropicali immagine satellitare in banda IR

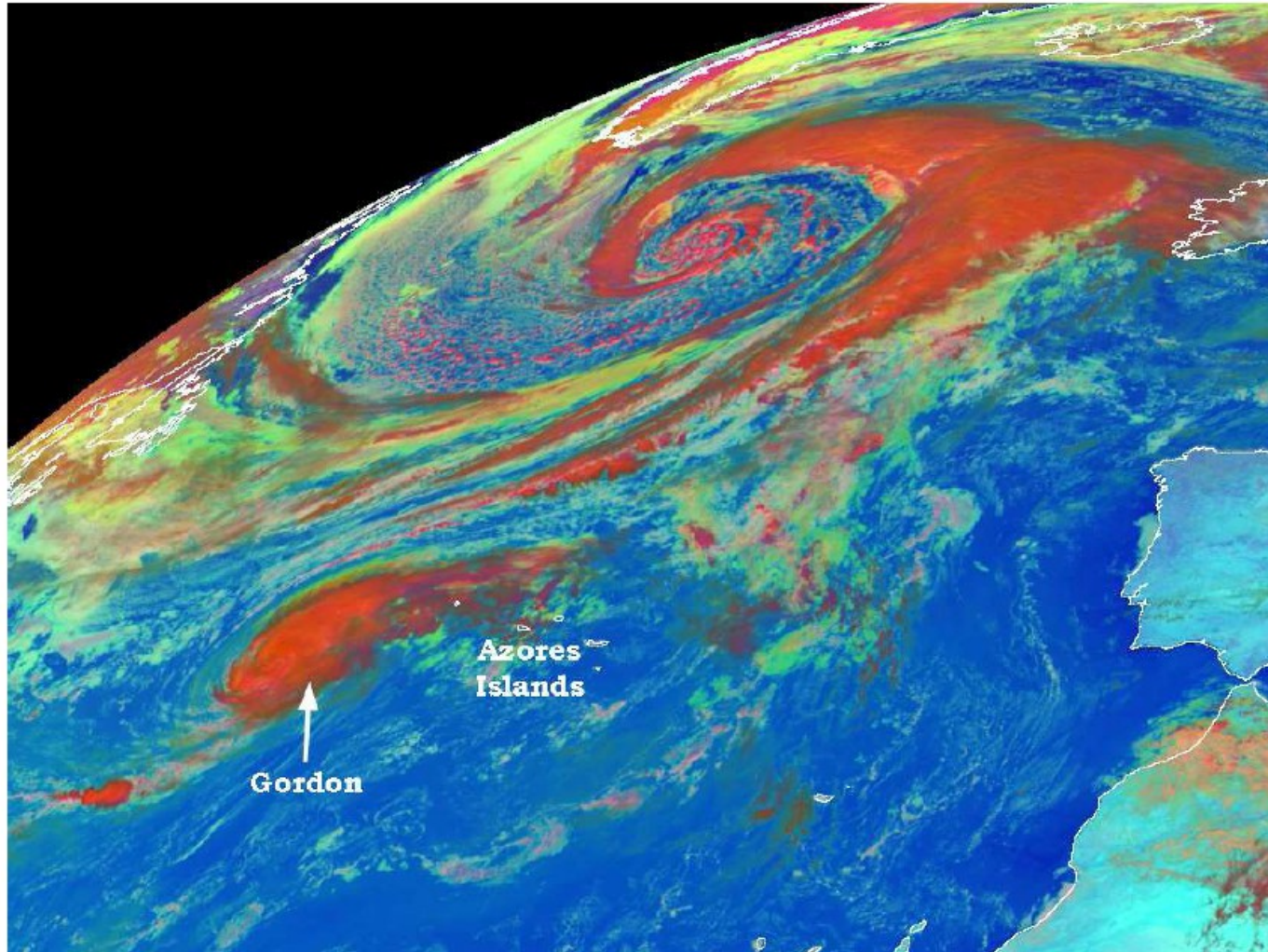


FIGURE 14. The tropical cyclone Gordon seen from METEOSAT on September 19, 2006 12 UTC. Compare it with the extratropical cyclone present in the Northern Atlantic. Sizes, time-life, trajectories and evolution are different because their dynamics is different, copyright 2006 EU-METSAT

I cicloni extra-tropicali ovvero un dettaglio della circolazione sinottica alle medie latitudini Planetary and Rossby waves

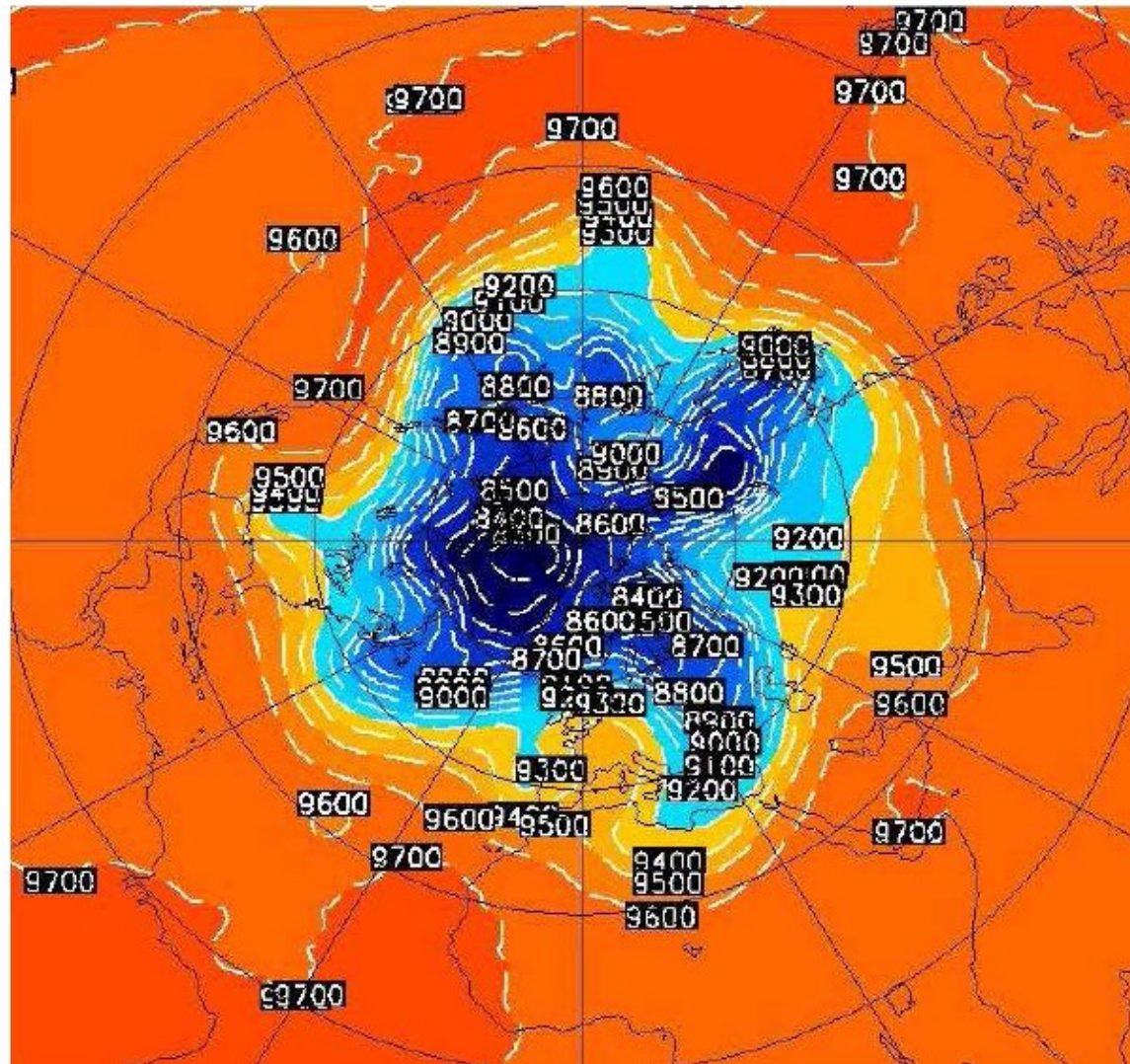
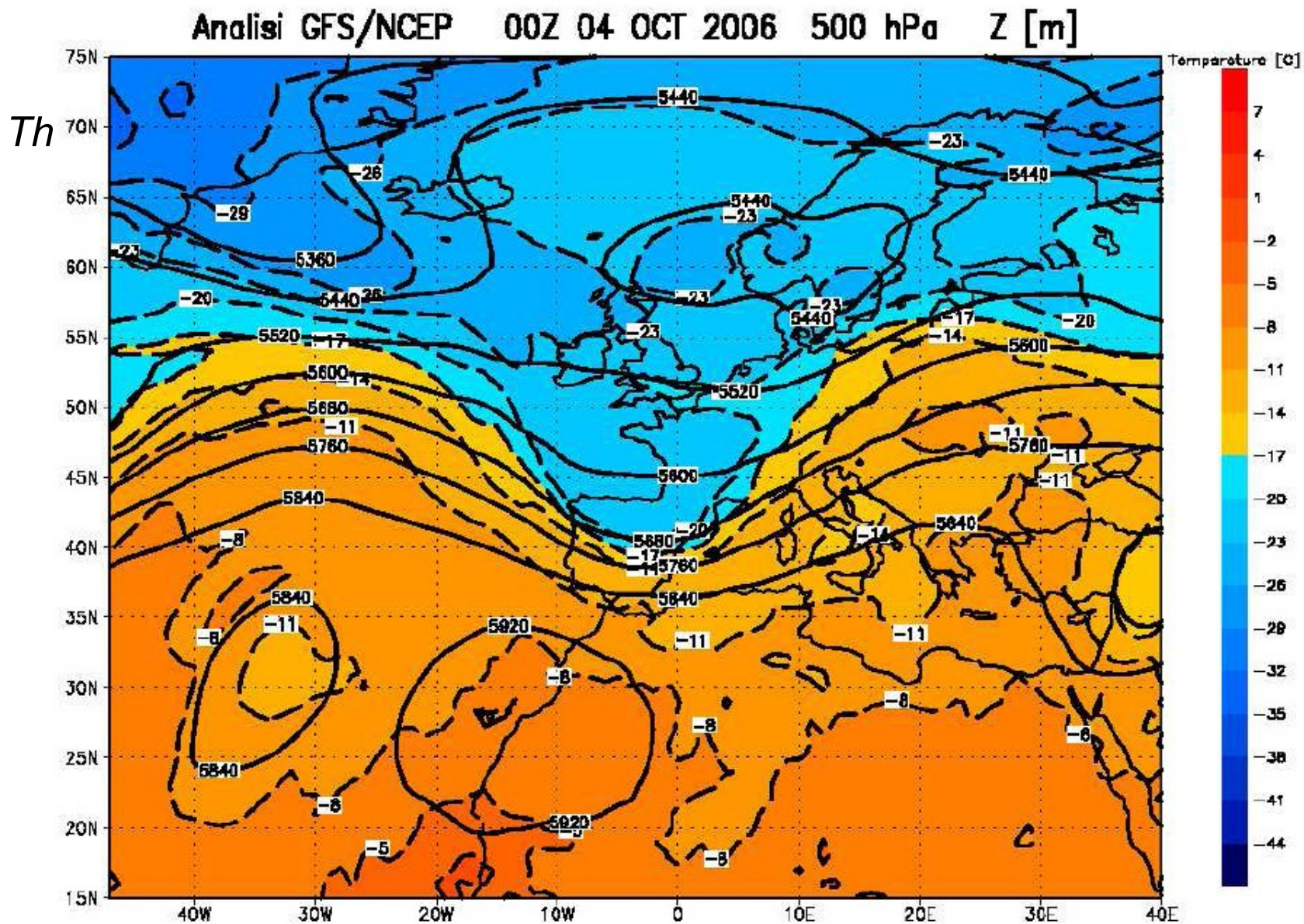


FIGURE 8. Example of planetary and Rossby waves. Geopotential height for the 300 hPa isobaric surface at 00 UTC of the 07 November, 2006. AVN analysis.

I cicloni extra-tropicali: la natura baroclinica della loro esistenza



I cicloni extra-tropicali: la manifestazione come sistemi frontali

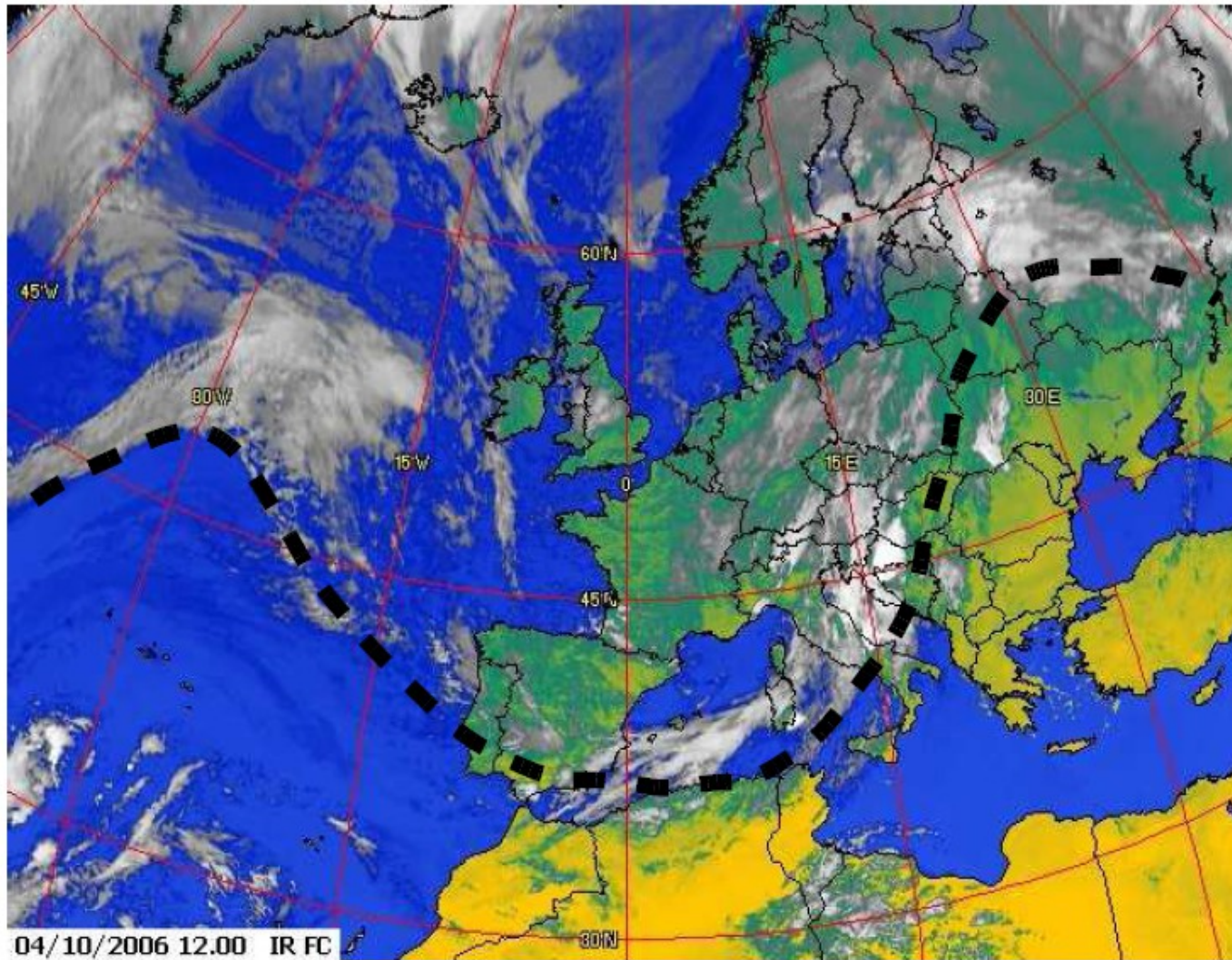
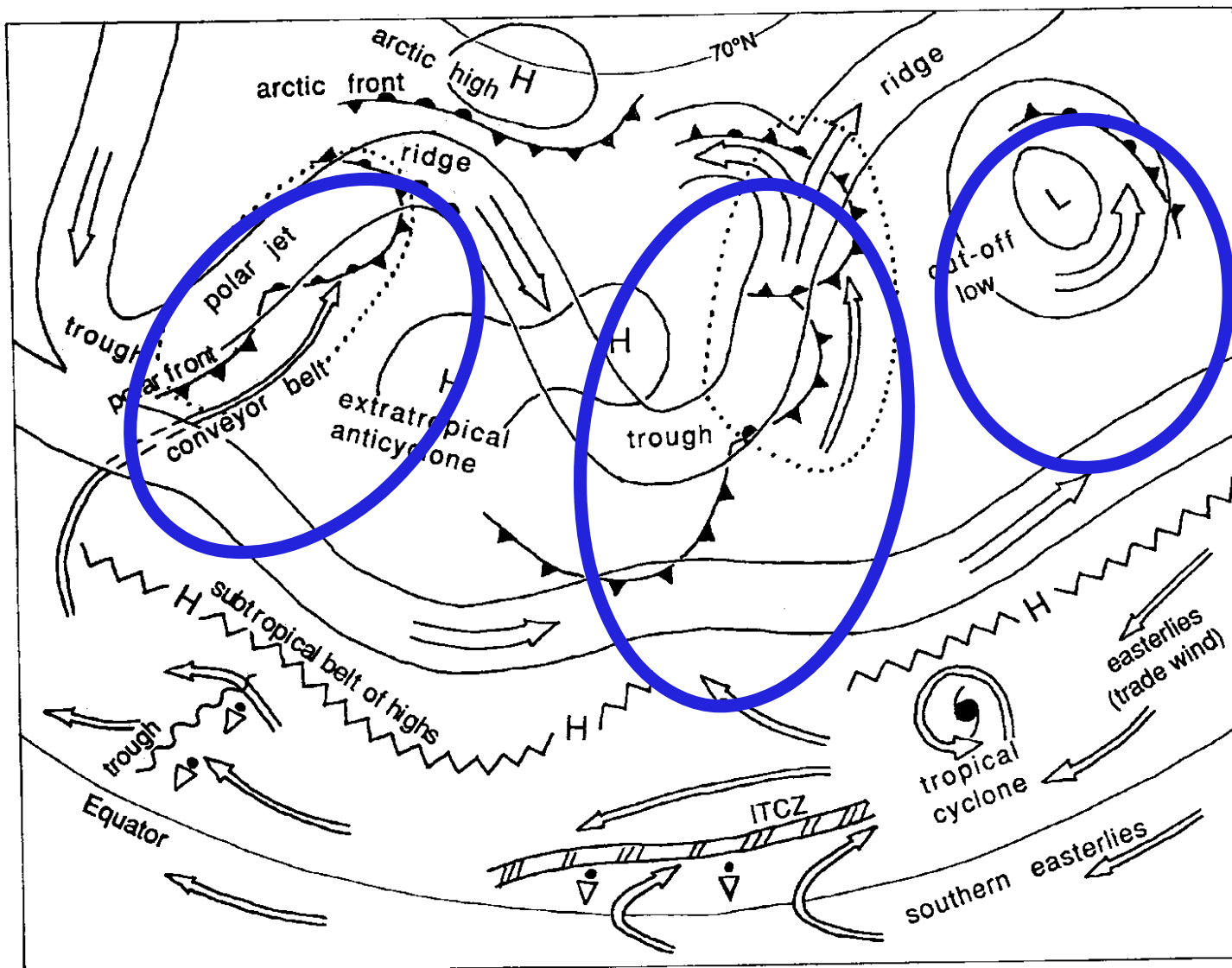


FIGURE 2. Infrared satellite image of clouds associated to a Rossby wave.

I cicloni extra-tropicali e la loro collocazione lungo la le correnti occidentali: simboli

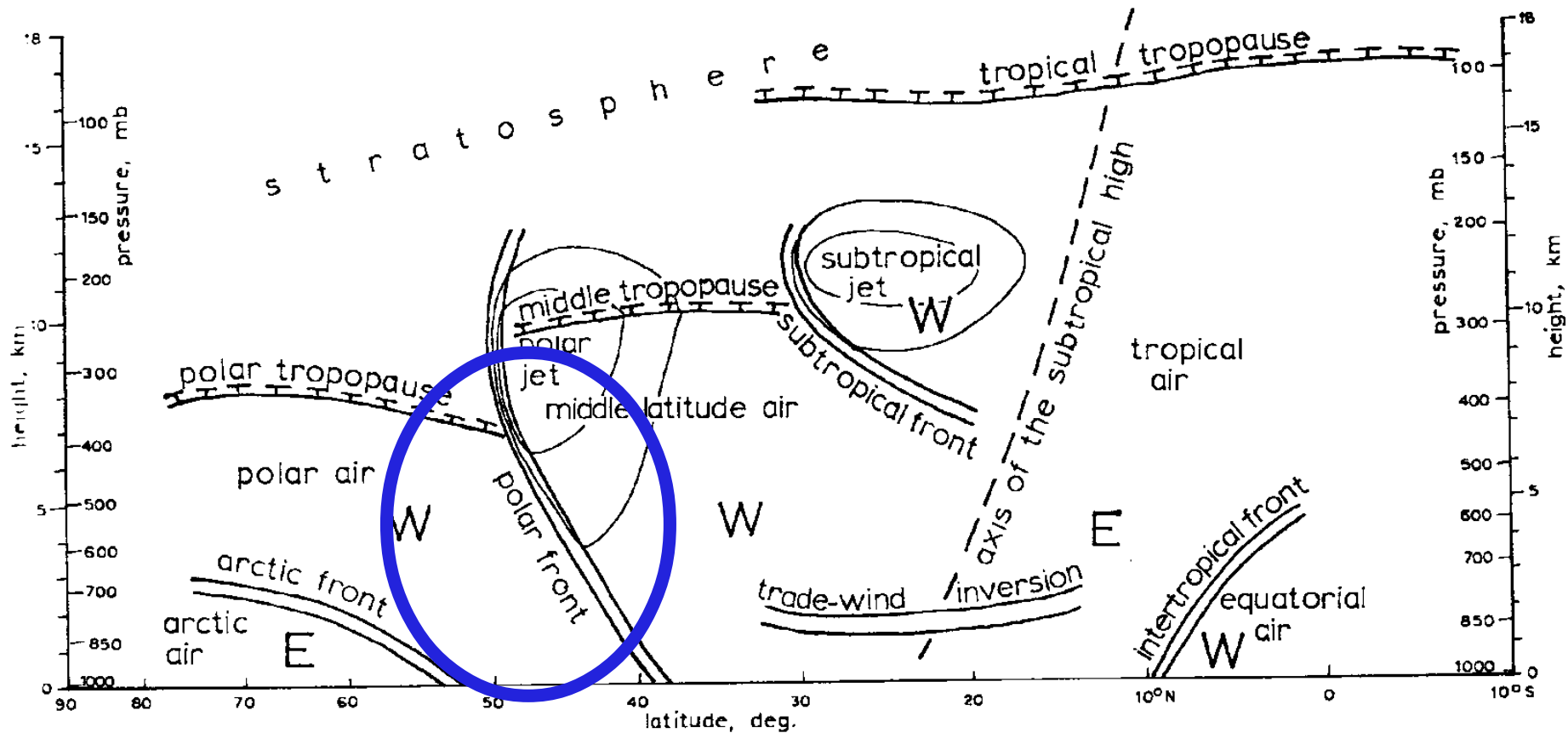


I cicloni extra-tropicali e la loro collocazione lungo la sezione meridiana dell'atmosfera

I cicloni extra-tropicali sono tipici delle medie latitudini dove la forza di Coriolis è rilevante quanto il gradiente di pressione.

Si sviluppano ed evolvono nella zona del fronte polare 40° - 60° dall'equatore.

Conseguentemente i cicloni tropicali hanno sempre circolazione ciclonica

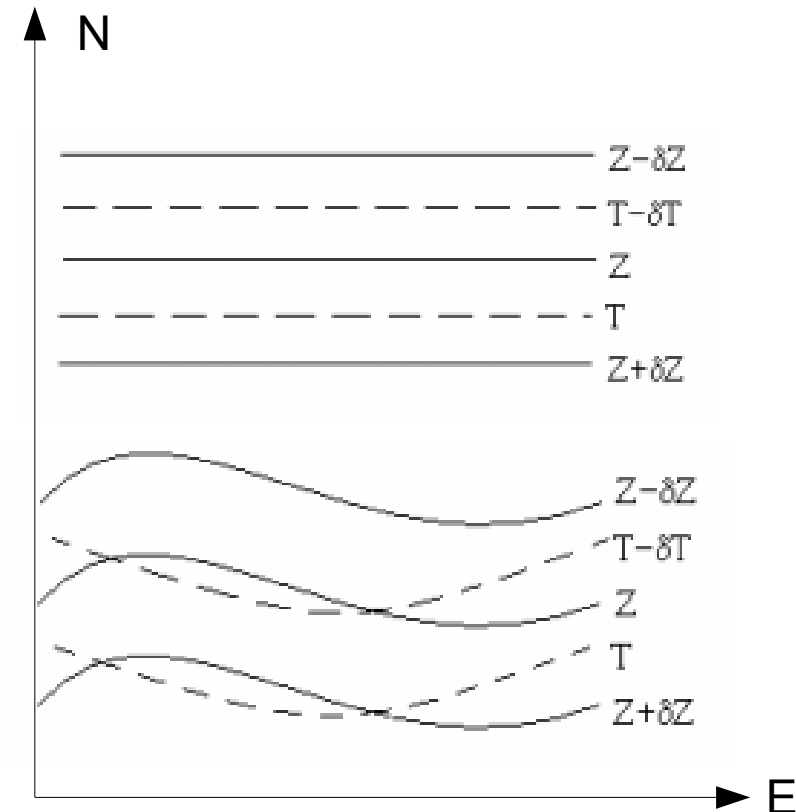
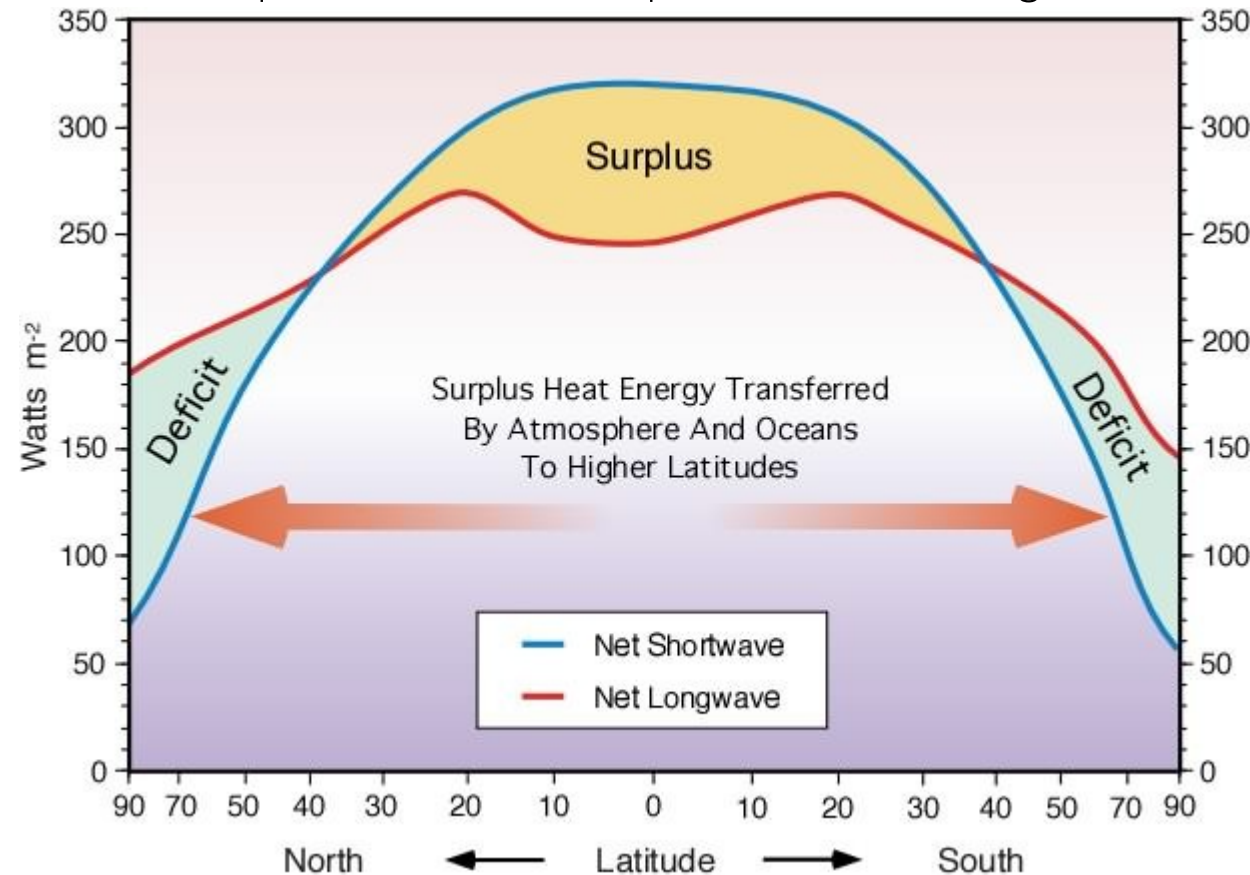


I cicloni extra-tropicali: loro origine e scopo

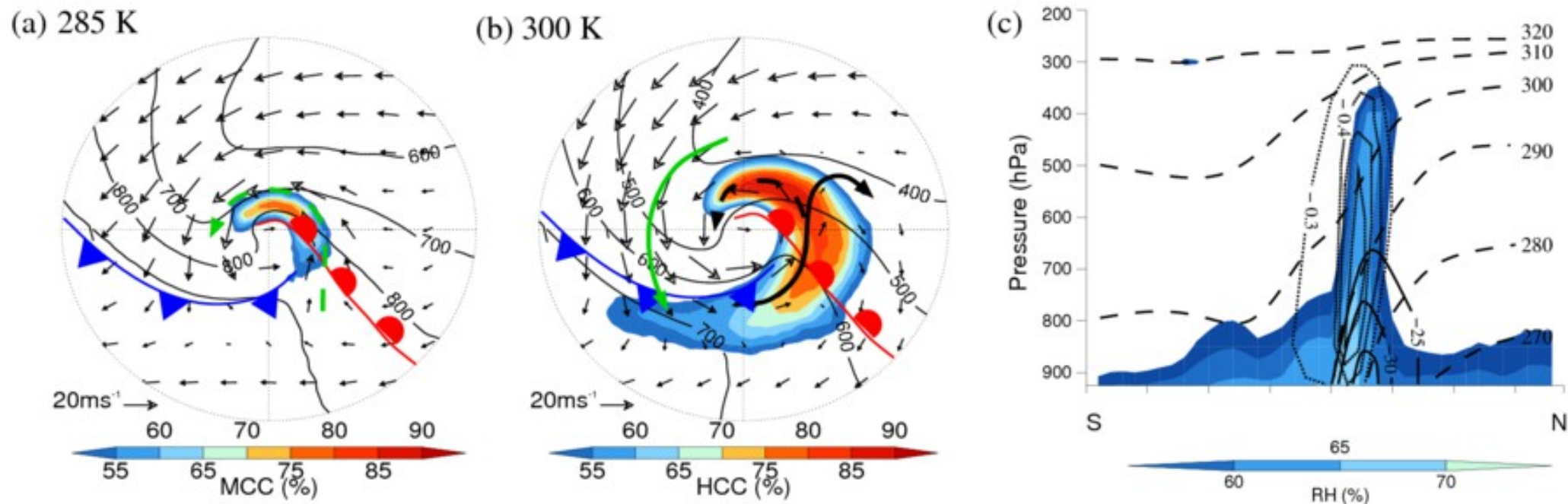
I cicloni extra-tropicali si sviluppano in corrispondenza di instabilità barocline

L'instabilità baroclina si manifesta quando i gradienti meridionali di temperatura sono talmente accentuati, in un flusso zonale intenso, che piccole perturbazioni dei campi atmosferici si trasformano in onde a scala sinottica. **Si ha la ciclogenesi.**

Lo scopo delle onde è quello di ridurre i gradienti longitudinali

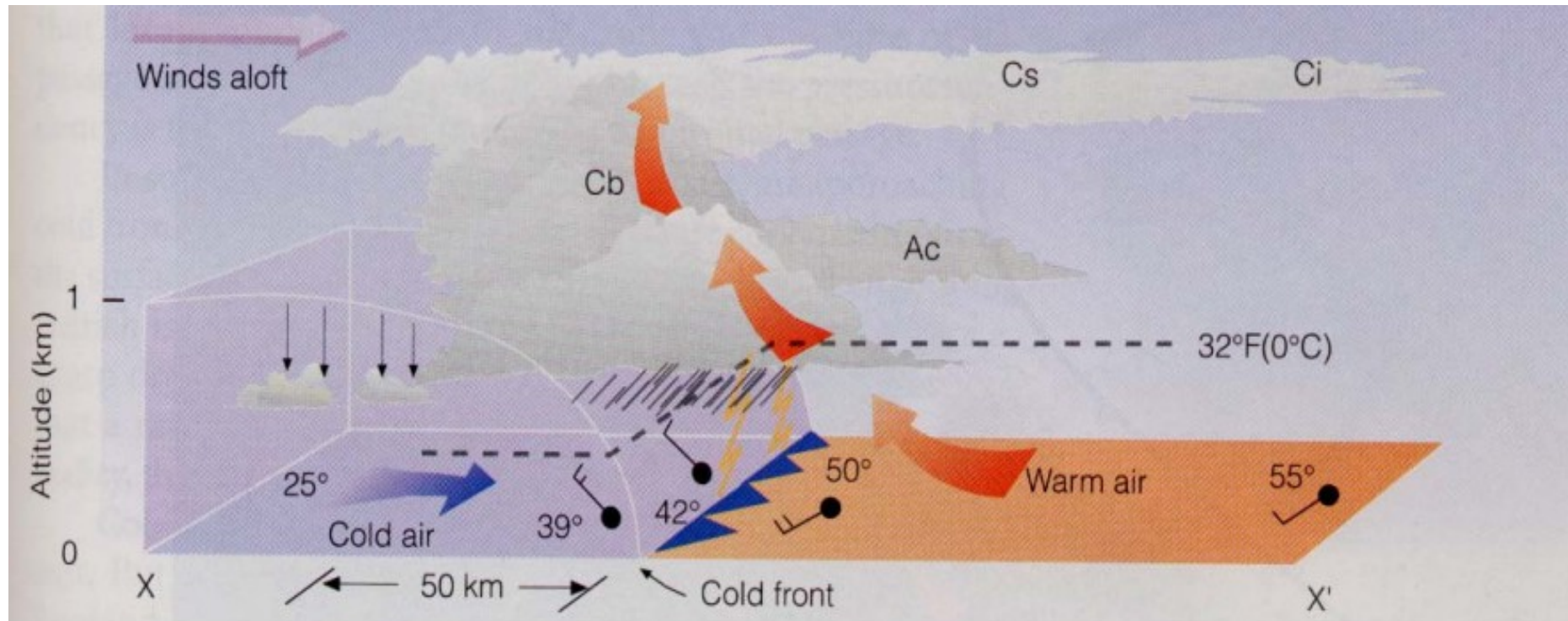


I cicloni extra-tropicali e i sistemi frontali

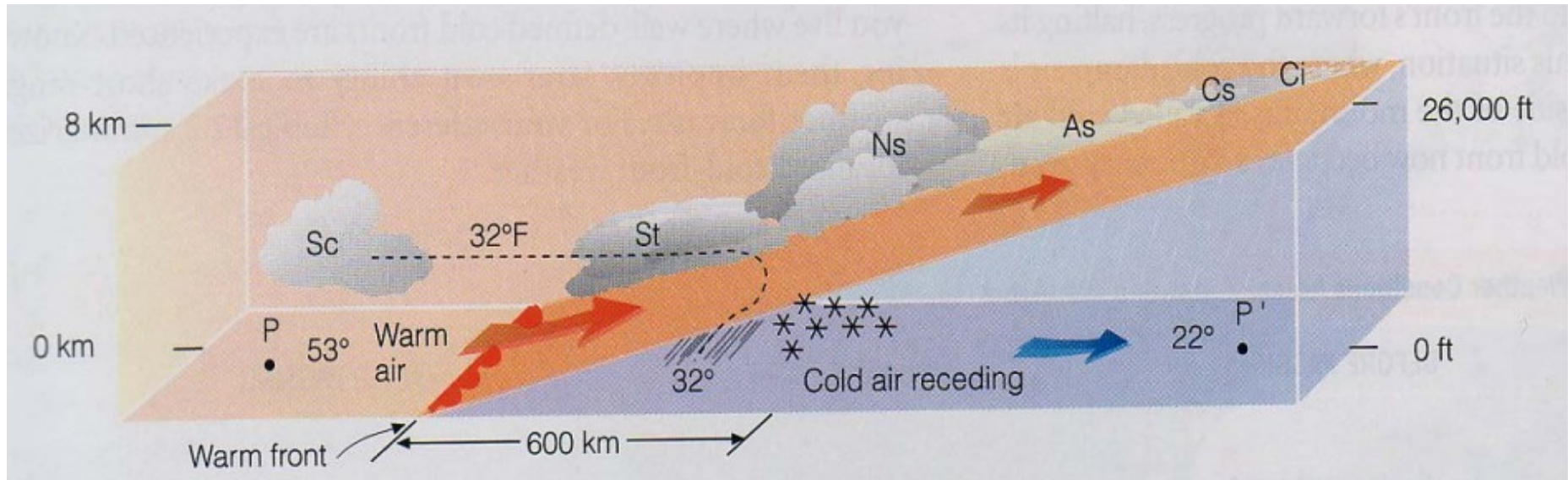


Horizontal composites at the time of maximum intensity. (a) Pressure on 285 K isentropic surface (solid, at 900, 800, 700 and 600 hPa); system relative wind vectors on 285 K isentropic surface; mid-level cloud cover, MCC (filled, >50%); overlaid with surface fronts. Bold green dashed arrow indicates cold conveyor belt flow. (b) Pressure on 300 K isentropic surface (solid, at 700, 600, 500 and 400hPa); system relative wind vectors on 300 K isentropic surface; high-level cloud cover, HCC (filled, >50%); overlaid with surface fronts. Bold arrows indicate warm conveyor belt flows (WCB1, solid black, and WCB2, dashed black) and dry intrusion (solid green). (c) Vertical cross-section along the warm conveyor belt transect. Contours are system relative u-component of the wind (solid, at -35, -30 and -25 ms⁻¹); θ_e (dashed contours, between 270 and 320 K), vertical velocity (dotted contours, at -0.6, -0.5, -0.4 and -0.3 hPa s⁻¹); relative humidity, RH (filled, >55%).

I cicloni extra-tropicali e il fronte freddo



I cicloni extra-tropicali e il fronte caldo



I cicloni extra-tropicali e i cambiamenti climatici

Sono stati condotti parecchi studi a riguardo delle conseguenze dei cambiamenti climatici sui cicloni extra-tropicali, ma allo stato attuale non ci sono delle evidenze su trend nelle ultime decadi e neppure nelle simulazioni riguardanti gli scenari futuri.

Dal AR5 (quinto rapporto IPCC capitolo 2 <http://ipcc.ch/report/ar5/>)

In summary, confidence in large scale changes in the intensity of extreme extratropical cyclones since 1900 is low. There is also low confidence for a clear trend in storminess proxies over the last century due to inconsistencies between studies or lack of long-term data in some parts of the world (particularly in the SH). Likewise, confidence in trends in extreme winds is low, due to quality and consistency issues with analysed data.

Alcuni aspetti critici nella valutazione sono:

- Identificazione dei cicloni extra-tropicali e definizione della loro intensità
- Identificazione delle traiettorie seguite dai cicloni extra-tropicali

I cicloni extra-tropicali: caratteristiche generali che sono fonte di rischio

- ▶ Venti forti
- ▶ Precipitazioni intense
- ▶ Mareggiate ed esondazioni
- ▶ Dimensioni di alcune migliaia di chilometri
- ▶ Durata di circa una settimana
- ▶ Convezione atmosferica profonda presente nelle zone frontali fredde

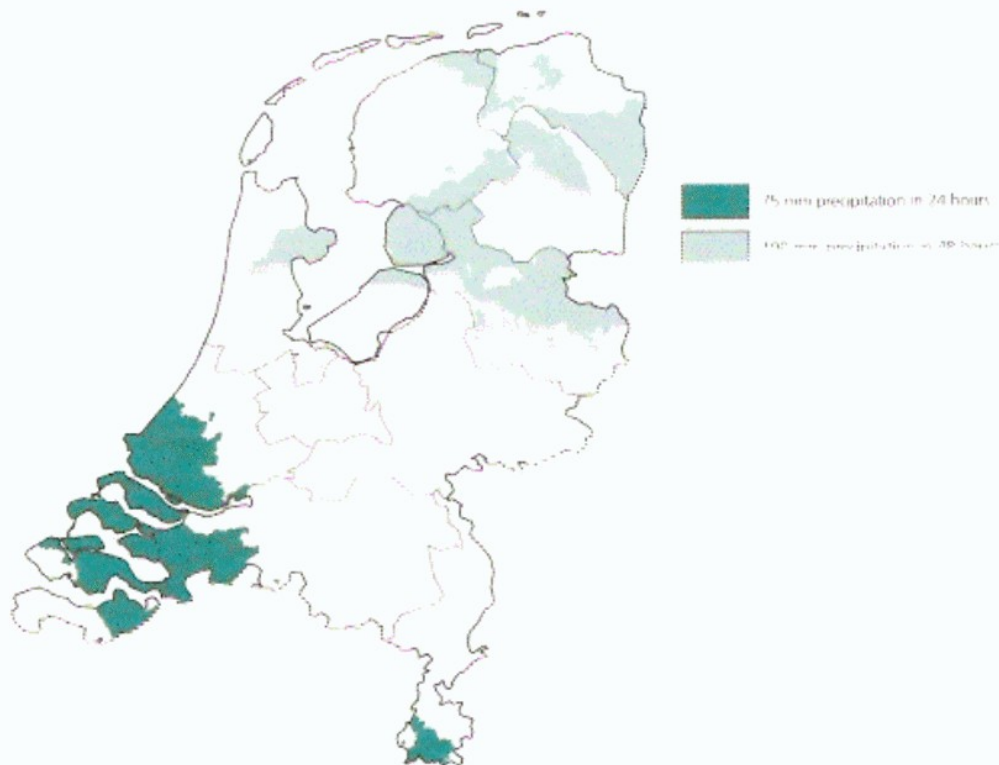
I cicloni extra-tropicali: esempio di danni

75 mm of rain in 24 hours + 100 mm in other 48 hours in Netherlands resulted in damages for 371 MI of EURO for farmers due to floods

Extreme precipitation and agriculture: In 1998, two extreme events took place in two different regions of the Netherlands. Some regions had 75 mm of rain in 24 hours, others 100mm in 48 hours (Map: Alterra, WUR). Total agricultural damage has been estimated

to be 371 million Euro. A part of the damage has been refunded to the farmers by a national law on refunding for natural disasters and large accidents. However, not everything is compensated or even acknowledged as damage by the government.

Regions that claimed damage under the 'Compensation Damage by Disasters and Heavy Accidents' (WTS) Act in 1998



Source: MNP, 2005. The effects of climate change in the Netherlands, Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, the Netherlands.

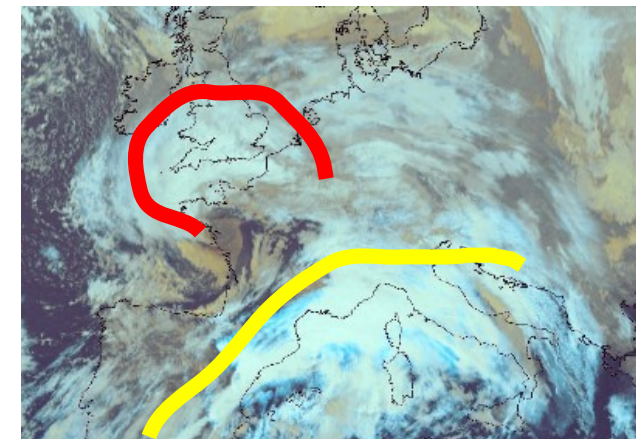
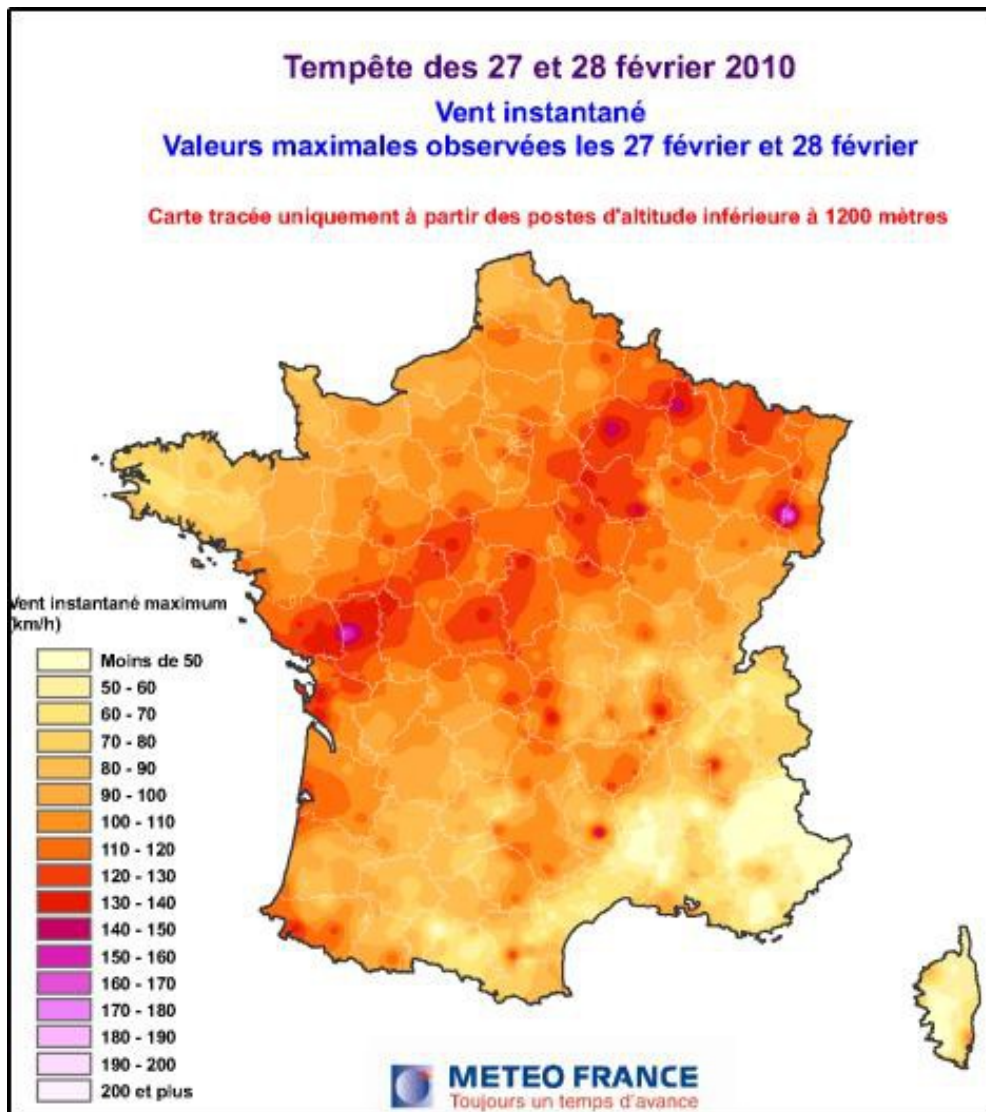
Extra-tropical cyclone effects – 1998 floods in the Netherlands

I cicloni extra-tropicali: esempio di area impattata

Extra-tropical cyclone – Xynthia February 26-28, 2010

Xynthia was an ETC that hit Portugal, Spain and France

Météo-France satellite image
28/02/2010 02UTC



Not exceptional like (Lothar et Martin December 1999, Klaus January 2009) $P_{min} = 969$ hPa.

Relevant surges due to positive phase with tide.

Wind speed 160km/h shoreline
130 km/h inland. (Strongest wind gusts: Portugal 166km/h, Spain 228 km/h, France 241 km/h)

Cicloni tropicali ed extra-tropicali a confronto

Tropical vs. Mid-Latitude Cyclones

	<u>Tropical Cyclone</u>	<u>Mid-Latitude Cyclone</u>
Size (diameter)	~1000 km ^{top}	~4000 km
Lifetime	~4 days	~6 days
Minimum Surface Pressure	1000-880 hPa	1005-970 hPa
Level of Maximum Winds	Near Surface (Warm Core)	Near Tropopause (Cold Core)
Warm/Cold Fronts?	No	Yes
Primary Energy Source	Warm Oceans	Horizontal Temperature Gradients